

## Viterbi decoder for error control of digital data transmission in digital cellular networks

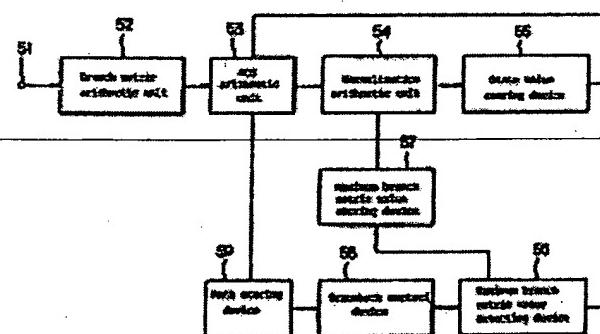
**Patent number:** DE19626076  
**Publication date:** 1997-01-02  
**Inventor:** OH DAE-IL (KR)  
**Applicant:** HYUNDAI ELECTRONICS IND (KR)  
**Classification:**  
- international: H03M13/12  
- european: H03M13/41  
**Application number:** DE19961026076 19960628  
**Priority number(s):** KR19950018785 19950630; KR19950018786 19950630;  
KR19950018808 19950630; KR19950031224 19950921

**Also published as:**

US5859861 (A1)  
JP9181619 (A)

### Abstract of DE19626076

The Viterbi decoder includes a branch metric processing unit (52) for calculating the amount of branching of signals from an input terminal. The ACS (add, compare, select) processor unit (53) receives state values from previous points in time as well as the branch metric values and computes path information. A state value storage device (56) stores values output from a normalisation unit. The decoder further includes a maximum branching value detection device (56), a maximum branching value storage device and a follow-up control device (58). A path storage device (59) stores the path information from the AVA processor unit.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

⑩ DE 196 26 076 A 1

⑮ Int. Cl. 6:  
H 03 M 13/12

DE 196 26 076 A 1

⑯ Aktenzeichen: 196 26 076.0  
⑯ Anmeldetag: 28. 6. 96  
⑯ Offenlegungstag: 2. 1. 97

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

30.06.95 KR 95-18785      30.06.95 KR 95-18786  
30.06.95 KR 95-18808      21.09.95 KR 95-31224

⑯ Anmelder:

Hyundai Electronics Industries Co., Ltd., Ichon,  
Kyoungki, KR

⑯ Vertreter:

Lieck und Kollegen, 80538 München

⑯ Erfinder:

Oh, Dae-II, Anyang, KR

## ⑯ Viterbi-Decodierer

⑯ Es wird ein Viterbi-Decodierer offenbart, der zur Fehlerkontrolle für digitale Datenübertragung verwendet wird. Ein Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät ist von einer Rückkopplungsschleife getrennt, welche aus einer AVA-Recheneinheit, einer Normalisierungsrecheneinheit und einem Zustandswertspeichergerät besteht. Des weiteren wird der Maximalwert durch Verwendung der Ausgabe des Zustandswertspeichergerätes erkannt, und somit wird die Betriebsgeschwindigkeit des Viterbi-Decodierers verbessert. Eine Entscheidung wird getroffen, ob ein Zustand, dessen Minimalzustandswert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, durch Verwendung der Bestandspfadinformation von einem Zustand, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, rückverfolgt werden kann. Dann werden nicht rückverfolgbare Nichtentsprechungen erkannt, und die Anzahl der Vorkommen an Nichtentsprechungen wird gezaählt. Somit wird, wenn die Vorkommen an Nichtentsprechungen einen Bezugswert überschreiten, dies als eine Nichtsynchronisierung beurteilt. In einem anderen Verfahren wird die Synchronisierung/Nichtsynchronisierung dadurch beurteilt, indem erkannt wird, ob eine Rückverfolgung möglich ist, ohne die Bestandspfadinformation zu verwenden. Es wird beobachtet, ob ein Zustand, dessen Minimalzustandswert an einem unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, einem Zustand entspricht, der durch Rückverfolgung von einem Zustand erhalten wird, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, indem die ...

DE 196 26 076 A 1

## Beschreibung

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## 1. Bereich der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Viterbi-Decodierer und insbesondere einen Viterbi-Decodierer, der einem Vorwärtsfehlerkorrekturverfahren angehört, das zur Fehlerkontrolle bei der digitalen Datenübertragung verwendet wird.

## 2. Beschreibung des Standes der Technik

Der Viterbi-Decodiereralgorithmus wurde im Jahre 1967 entwickelt, und es handelt sich dabei um ein optimales Decodiererverfahren zur Decodierung der größtmöglichen Wahrscheinlichkeit. Es ist jedoch schwierig, die entsprechenden Bauteile herzustellen.

Der Viterbi-Decodierer ist beschrieben in: (1) "The Viterbi-Algorithm", von G. D. Forney, Proc. IEEE, Vol. 61, Nr. 3, Seiten 268–278, März 1970; (2) "High Speed Parallel Viterbi Decoding: algorithm and VLSI-architecture", von G. Fettweis und H. Meuer, IEEE Comm., Seiten 46-55, Mai 1991; (3) Japanische Patentveröffentlichung Nr. Sho-59-19454; und (4) US-Patentschrift Nr. 5.295.142.

Im folgenden wird unter beispielhafter Anführung eines Faltungscodierers ein einfacher Viterbi-Decodiereralgorithmus beschrieben, wobei die Coderate  $R=1/2$  ist, die Zwangsbedingungslänge  $K=3$  ist, und das erzeugende Polynom wie folgt lautet:

$$G_1 = 1 + x + x^2$$

$$G_2 = 1 + x^2$$

Wie in Fig. 1 dargestellt, umfaßt der Faltungscodierer: ein 2-Bit-Schieberegister 1; und zwei Addierer 2 zur Durchführung von Modulo-2-Additionen. Die Ausgaben  $G_1$  und  $G_2$  des Codierers werden durch den Zustand des Inhalts des Schieberegisters und durch eine Eingabe 3 entschieden. Dessen Ausgaben über die Zeitpunkte sind in der Form eines Trellis-Diagramms in Fig. 2 dargestellt.

Bezugnehmend auf Fig. 2 sind die jeweiligen Zustände jeweils durch zwei Pfade verbunden, und der Viterbi-Algorithmus wählt nur einen der beiden Pfade aus, der eine Möglichkeit aufweist, während jener Pfad, der keine Möglichkeit aufweist, verworfen wird. Auf diese Weise wird die Decodierung der größtmöglichen Wahrscheinlichkeit ausgeführt. Der so ausgewählte Pfad wird Bestandspfad genannt, und die jeweiligen Zustände behalten die Informationen der Bestandspfade ebenso wie die Entscheidungstiefe (oder die Abbrechtiefe) bei.

Das Decodieren wird ausgeführt, indem jener Pfad mit der größten Wahrscheinlichkeit unter den Bestandspfaden ausgewählt und zurückverfolgt wird.

Bei der Konstruktion des Viterbi-Decodierers können die Bauteile (z. B. das Register), welche das Zustandswertspeichergerät darstellt, nicht bis zu einer unendlichen Größe vergrößert werden, und eine AVA-(Addieren-Vergleichen-Auswählen)-Recheneinheit, welche die Zustandswerte der jeweiligen Zustände berechnet, wiederholt die Durchführung ständig. Daher kann es zu einem Datenüberlauf kommen, wenn die Speicherkapazität des Zustandswertspeichergerätes erschöpft ist, und somit können Fehler in der decodierten Ausgabe erzeugt werden.

Um solche Fehler zu verhindern, wird eine Normali-

sierungsrecheneinheit zur Neuskalierung der Zustandswerte erforderlich. Der Viterbi-Decodierer, der über eine derartige Funktion verfügt, ist in Fig. 3 dargestellt.

Eingabecodes, die in ein Eingabeterminal 31 eingegeben werden, werden in eine zweigmetrische Recheneinheit 32 eingegeben, in der die Zweigmaße auf den jeweiligen Zweigen 00, 01, 10 und 11 basieren.

Eine AVA-(Addieren-Vergleichen-Auswählen-)Recheneinheit 33 empfängt die Ausgabe der zweigmetrischen Recheneinheit 32 und die Zustandswerte der Gesamtzeitpunkte des Zustandswertspeichergerätes 34, um die Bestandspfade und die Zustandswerte zu berechnen. Der Rechenvorgang der AVA-Recheneinheit 33 wird auf der Basis des Trellis-Diagramms von Fig. 2 ausgeführt.

Von der Ausgabe der AVA-Recheneinheit 33 wird die Information über die Bestandspfade in einem Pfadspeichergerät 37 gespeichert, während die Zustandswerte an eine Normalisierungsrecheneinheit 35 und ein Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät 36 ausgegeben werden.

Aus den Zustandswerten, die von der AVA-Recheneinheit 33 empfangen werden, erkennt das Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät 36 den maximalen zweigmetrischen Wert, um den maximalen zweigmetrischen Wert der Normalisierungsrecheneinheit 35 zuzuführen, während die Adresse des maximalen zweigmetrischen Wertes an ein Rückverfolgungssteuergerät 38 ausgegeben wird, um so das Pfadspeichergerät 37 zu steuern.

Die Normalisierungsrecheneinheit 35 subtrahiert die maximalen zweigmetrischen Werte des Maximalzweigmaßwerterkennungsgerätes 36 von den Bestandszustandswerten des jeweiligen Zustandes der AVA-Recheneinheit 33. Das berechnete Ergebnis wird im Zustandswertspeichergerät 34 gespeichert.

Daher sind die Zustandswerte, die im Zustandswertspeichergerät 34 gespeichert sind, wie folgt. Das heißt, die maximalen zweigmetrischen Werte (z. B. der kleinste Zustandswert) werden immer von der Ausgabe des aktuellen Zeitpunktes der AVA-Recheneinheit 33 subtrahiert, bevor diese gespeichert wird. Daher kann es nicht zu einem Datenüberlauf kommen, und einer der Zustandswerte, welche im Zustandswertspeichergerät 34 gespeichert werden, ist notwendigerweise Null.

Im oben beschriebenen Viterbi-Decodierer kommt es jedoch dazu, daß der Rechenvorgang in der Zeit, in der die Berechnung des Zweigmaßes für die eingegebenen Codes durchgeführt wird, bis zu der Zeit, zu der die neuen Zustandswerte im Zustandswertspeichergerät 34 gespeichert werden, folgendes durchläuft: die AVA-Recheneinheit 33, das Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät 36, und die Normalisierungsrecheneinheit 35. Dies stellt daher ein Hindernis bei der Erzielung eines Viterbi-Hochgeschwindigkeitsdecodiers dar.

Als Beispiel für die herkömmlichen Techniken zur Verbesserung der Betriebsgeschwindigkeit wurde ein Viterbi-Decodierer vorgeschlagen, in dem während des Normalisierungsvorganges der maximale zweigmetrische Wert der vorhergehenden Zeitpunkte anstelle des maximalen zweigmetrischen Wertes des aktuellen Zeitpunktes verwendet wird, wodurch der Rechenpfad verkürzt wird.

Dieser Viterbi-Decodierer erfordert jedoch relativ komplizierte Bauteile zur Erkennung der Adresse jenes Zustandes, der den maximalen zweigmetrischen Wert aufweist. Des Weiteren stellt der Rechenpfad, der von der AVA-Recheneinheit mit dem Maximalzweigmaß-

werterkennungsgerät verbunden ist, ein ebensolches Hindernis dar.

Es wurde ein anderer Viterbi-Decodierer vorgeschlagen, und in diesem Decodierer wurde der Nachteil des oben beschriebenen Viterbi-Decodierers durch Normalisierung mit Hilfe des maximalen zweigmetrischen Wertes des aktuellen Zeitpunktes verringert. Somit wird einer der normalisierten Zustandswerte, die im Zustandswertspeichergerät gespeichert sind, notwendigerweise Null, wodurch die Betriebsgeschwindigkeit verbessert wird.

In diesem Viterbi-Decodierer werden jedoch die komplizierten Rechenpfade zu einem Hindernis bei der Verbesserung der Betriebsgeschwindigkeit.

Wenn der Normalisierungsvorgang ohne Verwendung des maximalen zweigmetrischen Wertes ausgeführt wird, kann das Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät vom Rechenpfad getrennt werden, der aus den Geschwindigkeitsentscheidenden Geräten wie z.B. der AVA-Recheneinheit 33, dem Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät 36 und der Normalisierungsrecheneinheit 35 besteht. Im allgemeinen besteht das Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät aus einem Mehrschrittkomparator, und daher kann die Betriebsgeschwindigkeit des Viterbi-Decodierers durch Trennung des Maximalzweigmaßwerterkennungsgerätes verbessert werden.

Wenn die empfangenen faltungscodierten Codes mit Hilfe des Viterbi-Algorithmus decodiert werden sollen, muß eine Synchronisierung zwischen dem sendenden Teil und dem empfangenden Teil errichtet werden. Insbesondere in einem Anwendungsbereich, in dem getrennte Rahmensynchronisierungssignale nicht verwendet werden, muß der Viterbi-Decodierer die Synchronisierung/Nicht-Synchronisierung selbst aufgrund der empfangenen Signale erkennen und dabei die Decodierung ausführen.

Die Zustandswerte erhöhen sich mit der Zeit, und die Erhöhungsmuster der Zustandswerte ändern sich in Abhängigkeit von der Umgebung des Übertragungspfades. In jenem Fall, in dem eine Codesynchronisierung zwischen dem sendenden Teil und dem empfangenden Teil errichtet wird, wird die Zunahmegeschwindigkeit der Zustandswerte über die Zeit umso geringer, je höher das Signal-Rausch-Verhältnis  $E_b/N_0$  ist (wobei  $E_b$  das Signal und  $N_0$  das Rauschen ist). Des Weiteren gibt es einen dominanten Zustand, in welchem der Zustandswert viel kleiner ist als andere Zustandswerte. Auf der anderen Seite wird die Zunahmegeschwindigkeit der Zustandswerte über die Zeit umso größer, je niedriger das Signal-Rausch-Verhältnis ist. Des Weiteren sind die jeweiligen Zustandswerte einander ähnlich. In jenem Fall, wo keine Synchronisierung zwischen dem sendenden Teil und dem empfangenden Teil gebildet wird, sind die Zustandswert erhöhenden Muster ähnlich wie in jenem Fall, wo das Signal-Rausch-Verhältnis sehr niedrig ist.

Im Viterbi-Decodierer, der einen Viterbi-Algorithmus bildet, werden die Zustandswerte in einem Register gespeichert, das eine Größe von 6 oder 7 Bits aufweist, und daher ist, um einen Datenüberlauf zu verhindern, eine Normalisierung (oder Neuskalierung) erforderlich.

Im allgemeinen überschreitet der Minimalwert der Zustandswerte bei Ausführung der Normalisierung einen Schwellenwert, wobei der Schwellenwert von den Zustandswerten abgezogen wird.

Fig. 4 zeigt einen herkömmlichen Viterbi-Decodierer (US-Patent Nr. 4.802.174).

In diesem Viterbi-Decodierer wird die Frequenz der Ausführung der Normalisierung über eine bestimmte Zeitdauer hinweg gemessen, und wenn die Frequenz höher ist als eine Schwellenfrequenz, wird eine Entscheidung getroffen, daß es keine Codesynchronisierung zwischen dem sendenden Teil und dem empfangenden Teil gibt.

In diesem Viterbi-Decodierer wird von den Zweigmaßen, welche durch eine zweigmetrische Recheneinheit berechnet werden, der Minimalwert extrahiert, und dann wird eine Zweigmaßnormalisierung durch Subtraktion des Mindestwertes von den jeweiligen Zweigmaßen durchgeführt, wodurch die Präzision der Erkennung der Synchronisierung/Nicht-Synchronisierung verbessert wird. Dieser Viterbi-Decodierer benötigt jedoch eine separate Zweigmaßnormalisierungsrecheneinheit 42, und daher werden die Kosten für die Bauteile erhöht.

In einem anderen Beispiel wird im Wei-Verfahren (US-Patent Nr. 4.641.327) die Anzahl der Vorkommen [ $d(t)$  gleich nicht Null], welche der Differenz zwischen dem Minimalzustandswert  $PM_{min}(t)$  und dem Minimalzweigmaß  $BM_{min}(t)$  entspricht, über eine bestimmte Zeitdauer hinweg gemessen, und der erhaltene Wert wird mit einem Bezugswert verglichen, wodurch die Synchronisierung/Nicht-Synchronisierung erkannt wird. In diesem Verfahren kann jedoch ein Bezugswert, der in der Lage ist, präzise die Synchronisierung/Nicht-Synchronisierung zu erkennen, nicht ohne die Information über das Signal-Rausch-Verhältnis bestimmt werden.

Ein Viterbi-Decodierer, der das Wei-Verfahren (US-Patent Nr. 4.641.327) verbessert, ist im US-Patent Nr. 5.050.191 offenbart. In diesem Viterbi-Decodierer wird die Synchronisierung/Nicht-Synchronisierung mit Hilfe eines gemessenen Wertes von  $f[d(t)]$  erkannt, der eine nichtlineare Funktion von  $d(t)$  ist, welches die Differenz zwischen dem Minimalzustandswert  $PM_{min}(t)$  und dem Minimalzweigmaß  $BM_{min}(t)$  ist. Wenn  $d(t)=0$  ist, wird  $f[d(t)]$  akkumuliert, während, wenn  $d(t)$  gleich nicht Null ist,  $f[d(t)] = -1$  akkumuliert wird. Dann werden die akkumulierten Werte mit einem Bezugswert verglichen, wodurch die Synchronisierung/Nicht-Synchronisierung erkannt wird. In diesem Verfahren wird jedoch ein Addierer zum Akkumulieren der Werte von  $f[d(t)]$  sowie ein Komparator zum Vergleichen der beiden Bezugswerte benötigt. Daher weist dieses Verfahren den Nachteil auf, daß die Kosten für die Bauteile erhöht werden.

Das Erkennungsverfahren für die Synchronisierung/Nicht-Synchronisierung, welches in der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen wird, kann bei einer Durchschlagsfaltungscodietechnik angewandt werden. Das erwähnte Erkennungsverfahren für die Synchronisierung/Nicht-Synchronisierung ist wie folgt. Das heißt, es wird über eine bestimmte Zeitdauer hinweg eine Beobachtung durchgeführt, ob eine Rückverfolgung von einem Zustand möglich ist, dessen Minimalzustandswert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt und dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, indem die Informationen über die Bestandspfade verwendet werden, wodurch die Synchronisierung/Nicht-Synchronisierung erkannt wird.

Die Durchschlagsfaltungscodietechnik ermöglicht es, einen Viterbi-Decodierer für Codes mit hoher Coderate herzustellen, und sie ermöglicht es, einen einfachen Codierer/Decodierer herzustellen, der in der Lage ist, die Codateile auszuwählen.

Wenn die Durchschlagscodes präzise decodiert wer-

den müssen, ist eine Durchschlagsmustersynchronisierung zwischen dem sendenden Teil und dem empfangenden Teil einzurichten. Die Information über die Durchschlagsmustersynchronisierung wird jedoch nicht übertragen, und daher muß der Viterbi-Decodierer selbst die Durchschlagsmustersynchronisierung aufgrund der empfangenen Codes erkennen, um so die Decodierung auszuführen.

Die Fa. LSI Logic führte ein Verfahren zur Erkennung der Durchschlagsmustersynchronisierung in der folgenden Weise ein. Das heißt, die Bitfehlerrate in der Ausgabe des Viterbi-Decodierers im Durchschlagsmuster-Nichtsynchronisierungszustand ist höher als im Durchschlagsmuster-Synchronisierungszustand, und durch Verwendung dieser Tatsache wird die Durchschlagsmustersynchronisierung/-Nichtsynchronisierung erkannt. Das Verfahren der Fa. LSI Logic hatte den Nachteil, daß sich die Kosten für die Bauteile aufgrund der Verwendung eines Faltungscodierers und eines Puffers erhöhen.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung zielt darauf ab, die oben beschriebenen Nachteile der herkömmlichen Verfahren zu beseitigen.

Daher ist es ein Ziel der vorliegenden Erfindung, einen Viterbi-Decodierer zu schaffen, in welchem die Bauteile vereinfacht sind, und bei welchem die Betriebsgeschwindigkeit verbessert ist.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, eine Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsvorrichtung für den Viterbi-Decodierer und ein Verfahren dafür zu schaffen, worin die Codesynchronisierung/Nichtsynchronisierung zwischen dem sendenden Teil und dem empfangenden Teil präzise erkannt werden kann und bei dem die Kosten für die Bauteile gesenkt werden.

Bei der Erreichung der oben beschriebenen Ziele ist die Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß ein Maximalzweigmaßwert-erkennungsgerät von einer Rückkopplungsschleife getrennt wird, welche aus einer AVA-Recheneinheit, einer Normalisierungsrecheneinheit und einem Zustandswertspeichergerät besteht, oder von einer Rückkopplungsschleife, welche aus einer AVA-Recheneinheit und einem Zustandswertspeichergerät besteht, und daß der maximale zweigmetrische Wert durch Verwendung der Ausgabe des Zustandswertspeichergerätes erkannt wird, wodurch die Betriebsgeschwindigkeit des Viterbi-Decodierers verbessert wird.

Des Weiteren ist bei Erreichung der oben genannten Ziele das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß eine Entscheidung getroffen wird, ob eine Rückverfolgung von einem Zustand möglich ist, dessen Minimalzustandswert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt und dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, indem die Informationen über die Bestandspfade verwendet werden, und daß eine Entscheidung getroffen wird, ob es eine Nichtentsprechung gibt, die nicht für eine Rückverfolgung in der Lage ist, um so die Anzahl der Vorkommen von Nichtentsprechungen über eine bestimmte Zeitspanne zu messen, und um über die Nichtsynchronisierung zu entscheiden, wenn die Vorkommen einen Bezugswert überschreiten.

In einem anderen Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Entscheidung getroffen, ob eine

Rückverfolgung ohne Verwendung einer Bestandspfad-information möglich ist, wodurch über die Synchronisierung/Nichtsynchronisierung entschieden wird.

Bei der Erreichung der obengenannten Ziele ist die Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß eine Adreßinformation, deren Minimalzustandswert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, in einem Register gespeichert ist, daß dann eine Bestandspfadinformation und eine Adreßinformation eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, unter Verwendung eines Komparators mit der Adreßinformation des Zustandswertes verglichen werden, dessen Minimalwert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, und daß dann die Anzahl der Vorkommen von Nichtentsprechungen mit Hilfe eines Zählers über eine bestimmte Zeitspanne hinweg gezählt wird, und dann der gezählte Wert des Zählers mit einem Bezugswert verglichen wird, wodurch die Synchronisierung/Nichtsynchronisierung erkannt wird.

In einer anderen Ausführungsform ist die Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß eine Adreßinformation eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, mit Hilfe eines Komparators mit einer Adreßinformation verglichen wird, deren Minimalzustandswert am vorhergehenden Zeitpunkt liegt, wo-durch die Erkennung ähnlich wie in der oben erwähnten Vorrichtung ausgeführt wird.

In einer weiteren Ausführungsform ist das Durchschlagsmustersynchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsverfahren dadurch gekennzeichnet, daß durch Verwendung der Bestandspfadinformation eine Entscheidung getroffen wird, ob der Zustand, dessen Minimalzustandswert am vorhergehenden Zeitpunkt liegt, einem Zustand entspricht, der durch eine Rückverfolgung von jenem Zustand erhalten wurde, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, und daß danach die Entsprechung/Nichtentsprechung aufgrund der Rückverfolgungsmöglichkeit/Rückverfolgungsummöglichkeit entschieden wird, und dann die Anzahl der Entsprechungen/Nichtentsprechungen nur für den Fall  $X_i = Y_i - 1$  des Durchschlagsmusters gemessen wird, und dann die Anzahl der Vorkommen mit einem Bezugswert verglichen werden, wodurch die Synchronisierung/Nichtsynchronisierung erkannt wird.

In einer weiteren Ausführungsform ist das Durchschlagsmustersynchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsverfahren dadurch gekennzeichnet, daß eine Adreßinformation eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, mit Hilfe eines Komparators mit einer Adreßinformation eines Zustandes verglichen wird, dessen Minimalzustandswert am vorhergehenden Zeitpunkt liegt, und dann eine Erkennung in der oben beschriebenen Art und Weise durchgeführt wird.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Das oben beschriebene Ziel und andere Vorteile der vorliegenden Erfindung werden offensichtlicher durch die detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen, bei denen:

Fig. 1 den allgemeinen Faltungscodierer darstellt;  
Fig. 2 ein Trellis-Diagramm ist, welches einen Fal-

tungscodierer darstellt;

Fig. 3 ein Blockdiagramm ist, welches die Zusammensetzung eines herkömmlichen Viterbi-Decodierers darstellt;

Fig. 4 ein Flußdiagramm für den herkömmlichen Viterbi-Decodierer zeigt;

Fig. 5 ein Blockdiagramm ist, welches die Zusammensetzung des Viterbi-Decodierers gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 6 eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 7 ein Blockdiagramm ist, welches den Viterbi-Decodierer einschließlich eines Normalisierungsanforderungsgerätes als eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 8 ein Blockdiagramm ist, welches den Viterbi-Decodierer darstellt, bei dem das Normalisierungsanforderungsgerät getrennt vom Rechnungsweg ist;

Fig. 9 eine weitere Ausführungsform des Viterbi-Decodierers gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 10 einen in der vorliegenden Erfindung verwendeten Multiplexer darstellt;

Fig. 11 eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt, in welcher eine zweigmetrische Normalisierungsrecheneinheit zwischen einer zweigmetrischen Recheneinheit und einer AVA-Recheneinheit positioniert ist;

Fig. 12 eine Ausführungsform eines Synchronisierungs-/Nichtsynchrosierungserkennungsgerätes für den Viterbi-Decodierer gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 13 eine weitere Ausführungsform eines Synchronisierungs-/Nichtsynchrosierungserkennungsgerätes für den Viterbi-Decodierer gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 14 eine graphische Darstellung ist, welche die durchschnittliche Nichtentsprechungsrate im Vergleich zum Signal-Rausch-Verhältnis (Eb/No) während der Durchschlagsmustersynchronisierung/Nichtsynchrosierung darstellt, wobei ein Durchschlagsfaltungscodierer eine Coderate von  $R = 7/8$  aufweist und ein erzeugendes Polynom 171, 133 verwendet wird;

Fig. 15 eine graphische Darstellung ist, welche die durchschnittliche Entsprechungsrate im Vergleich zum Signal-Rausch-Verhältnis (Eb/No) während der Durchschlagsmustersynchronisierung/Nichtsynchrosierung darstellt, wobei ein Durchschlagsfaltungskodierer eine Coderate von  $R = 7/8$  aufweist und ein erzeugendes Polynom 171, 133 verwendet wird;

Fig. 16 eine Ausführungsform des Durchschlagsmustersynchronisierungs-/Nichtsynchrosierungserkennungsgerätes für den Viterbi-Decodierer gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt; und

Fig. 17 eine weitere Ausführungsform des Durchschlagsmustersynchronisierungs-/Nichtsynchrosierungserkennungsgerätes für den Viterbi-Decodierer gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

Fig. 5 ist ein Blockdiagramm, welches die Zusammensetzung des Viterbi-Decodierers gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt.

Der Viterbi-Decodierer gemäß der vorliegenden Erfindung umfaßt: eine zweigmetrische Recheneinheit 52 zur Berechnung der Zweigmaße von Signalen, die von einem Eingabeterminal 51 eingegeben werden; eine

AVA-Recheneinheit 53 zur Berechnung von Zustandswerten und einer Bestandspfadinformation; ein Pfadspeichergerät 59 zum Speichern einer ausgegebenen Bestandspfadinformation der AVA-Recheneinheit 53; eine Normalisierungsrecheneinheit zur Normalisierung der Zustandswerte durch Verwendung der maximalen zweigmetrischen Werte und der Zustandswerte der AVA-Recheneinheit 53; ein Zustandswertspeichergerät 55 zum Speichern eines ausgegebenen Zustandswertes der Normalisierungsrecheneinheit 54; ein Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät 56 zur Erkennung des maximalen zweigmetrischen Wertes von einer Ausgabe des Zustandswertspeichergerätes 55; ein Maximalzweigmaßwertspeichergerät 57 zum Speichern eines ausgegebenen maximalen zweigmetrischen Wertes des Maximalzweigmaßwerterkennungsgerätes 56; und ein Rückverfolgungssteuergerät 58 zum Empfang eines ausgegebenen maximalen zweigmetrischen Wertes des Maximalzweigmaßwerterkennungsgerätes 56 zur Steuerung des Pfadspeichergerätes 59, um so eine Rückverfolgung durchzuführen.

In der oben beschriebenen Vorrichtung werden die empfangenen Codedaten vom Eingabeterminal 51 in die zweigmetrische Recheneinheit 52 eingegeben, welche die Zweigmaße berechnet, und die berechneten Zweigmaße werden in die AVA-Recheneinheit 53 eingegeben.

Die AVA-Recheneinheit 53 empfängt die Zweigmaße von der zweigmetrischen Recheneinheit 52 und die Zustandswerte der vorhergehenden Zeitpunkte vom Zustandswertspeichergerät 55, um so die Zustandswerte und die Bestandspfadinformation der aktuellen Zeit zu berechnen. Die von der AVA-Recheneinheit 53 ausgegebene Bestandspfadinformation wird im Pfadspeichergerät 59 gespeichert, während die Zustandswerte in die Normalisierungsrecheneinheit 54 eingegeben werden.

Um einen Zustandswertdatenüberlauf zu verhindern, führt die Normalisierungsrecheneinheit 54 einen Normalisierungsvorgang durch Verwendung der Zustandswerte der AVA-Recheneinheit 53 und durch Verwendung der maximalen zweigmetrischen Werte des Maximalzweigmaßspeichergerätes 57 aus. Dann werden die normalisierten Zustandswerte an das Zustandswertspeichergerät 55 ausgegeben.

Das Zustandswertspeichergerät 55 speichert die normalisierten Zustandswerte der Normalisierungsrecheneinheit 54, und die Ausgabe des Zustandswertspeichergerätes 55 wird in die AVA-Recheneinheit 53 eingegeben, um bei der Berechnung der Bestandspfadinformation des jeweiligen Zustandes und der Zustandswerte der Bestände verwendet zu werden. Des Weiteren wird die Ausgabe des Zustandswertspeichergerätes 55 in das Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät 56 eingegeben, um bei der Erkennung des Maximalzweigmaßwertes verwendet zu werden.

Das Maximalzweigmaßwertspeichergerät 57, welches den maximalen zweigmetrischen Wert vom Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät 56 empfängt, empfängt den maximalen zweigmetrischen Wert des vorhergehenden Zeitpunktes und gibt diesen an die Normalisierungsrecheneinheit 54 aus, damit er einen Normalisierungsvorgang durchlaufen kann.

Des Weiteren wird der maximale zweigmetrische Wert, der vom Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät 56 erkannt wurde, an das Rückverfolgungssteuergerät 58 ausgegeben. Dann steuert das Rückverfolgungssteuergerät 58 das Pfadspeichergerät 59 durch Verwendung einer Adresse mit dem maximalen zweigmetrischen Wert, so daß das Pfadspeichergerät 59 decodierte Daten

ausgeben würde.

Unter dieser Bedingung empfängt und verwendet das Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät 56 die Ausgabe des Zustandswertspeichergerätes 55 anstelle der Ausgabe der AVA-Recheneinheit 53. Daher gibt es eine Differenz von einem Zyklus zwischen der Bestandspfad-information (welche von der AVA-Recheneinheit 53 in das Pfadspeichergerät 59 eingegeben werden) und der Adresse des Zustandes mit dem maximalen zweigmetrischen Wert (der vom Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät 56 in das Rückverfolgungssteuergerät 58 eingegeben wird). Um diese Differenz auszugleichen, wird entweder ein Speicher innerhalb des Pfadspeichergerätes 59 installiert, oder es wird ein Speicher zwischen die AVA-Recheneinheit 53 und das Pfadspeichergerät 59 gegeben.

Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 6 dargestellt.

In der Vorrichtung dieser Ausführungsform wird die Ausgabe einer zweigmetrischen Recheneinheit 62 in eine Normalisierungsrecheneinheit 64 eingegeben. Eine AVA-Recheneinheit 63 führt einen Normalisierungsvorgang durch Verwendung eines Zweigmaßes der Normalisierungsrecheneinheit 64 und durch Verwendung des maximalen zweigmetrischen Wertes (des vorhergehenden Zeitpunktes) eines Zustandswertspeichergerätes 65 aus, um die Bestandspfadinformation an ein Pfadspeichergerät 69 aus zugeben, und um den Zustandswert an das Zustandswertspeichergerät 65 auszugeben. Der Rest der Merkmale dieser Ausführungsform ist gleich wie bei der Vorrichtung von Fig. 5.

Der Normalisierungsvorgang, bei dem der maximale zweigmetrische Wert nicht verwendet wird, wird auf folgende Art und Weise ausgeführt. Das heißt, in jenem Fall, in dem der Minimalwert der Bestandszustandswerte einen vorherbestimmten Schwellenwert überschreitet, wird der Schwellenwert von allen Bestandszustandswerten abgezogen. Der Viterbi-Decodierer dieser Art erkennt, daß der Minimalwert der Bestandszustandswerte einen vorherbestimmten Schwellenwert überschritten hat, um so eine Normalisierung der Bestandszustandswerte anzufordern. Das heißt, es wird ein derartiges Normalisierungsanforderungsgerät benötigt.

Fig. 7 ist ein Blockdiagramm ist, welches den Viterbi-Decodierer einschließlich eines Normalisierungsanforderungsgerätes als eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

Die Betriebsgeschwindigkeit des Viterbi-Decodierers von Fig. 7 wird bestimmt durch die Rechengeschwindigkeit eines Rechenpfades, bestehend aus: einer AVA-Recheneinheit 73, einem Normalisierungsrechenanforderungsgerät 76, einer Normalisierungsrecheneinheit 77 und einem Multiplexer 74.

Um die Betriebsgeschwindigkeit des wie oben beschrieben zusammengesetzten Viterbi-Decodierers zu erhöhen, zeigt Fig. 8 einen Viterbi-Decodierer, in dem das Normalisierungsrechengerät getrennt ist vom Rechenpfad, bestehend aus: einer AVA-Recheneinheit 73, einer Normalisierungsrecheneinheit 76, und einem Multiplexer 74.

In diesem Decodierer ist ein Normalisierungsrechenanforderungsgerät 86 getrennt vom oben beschriebenen Rechenpfad, um die Ausgabe eines Zustandswertspeichergerätes 85 zu verwenden. Die Betriebsgeschwindigkeit dieser Art wird bestimmt durch die Betriebsgeschwindigkeit eines Rechenpfades, bestehend aus: einer AVA-Recheneinheit 83, einer Normalisierungsrecheneinheit 86 und einem Multiplexer 84. Daher

stellen die Normalisierungsrecheneinheit 87 und der Multiplexer 84 ein Hindernis bei der Erreichung einer höheren Betriebsgeschwindigkeit des Viterbi-Decodierers dar.

Fig. 9 zeigt eine weitere Ausführungsform des Viterbi-Decodierers gemäß der vorliegenden Erfindung.

Eine Codematrix wird in ein Eingabeterminal 91 eingegeben, damit sie einer Rechenoperation, ausgeführt von einer zweigmetrischen Recheneinheit 92, unterzogen wird, und die berechneten Zweigmaße werden in die AVA-Recheneinheit 93 eingegeben.

Die AVA-Recheneinheit 93 empfängt die Zweigmaße von der zweigmetrischen Recheneinheit 92 und die Zustandswerte der vorhergehenden Zeitpunkte vom Zustandswertspeichergerät 95, um die Zustandswerte und die Bestandspfadinformationen der aktuellen Zeit zu berechnen. Die AVA-Recheneinheit 93 umfaßt AVA-Rechenelemente, und jedes einzelne Element umfaßt: zwei Addierer, einen Komparator und einen Multiplexer. In der Zwischenzeit wird die Bestandspfadinformation, welche von der AVA-Recheneinheit 93 ausgegeben wird, in einem Rückverfolgungsgerät 97 gespeichert, und die Zustandswerte werden an ein Multiplexergerät 94 ausgegeben.

Das Multiplexergerät 94 führt gleichzeitig die Normalisierung und die Auswahl aus. Das Multiplexergerät 94 umfaßt so viele Multiplexer, wie Zustände vorhanden sind. Fig. 10 zeigt ein Beispiel eines Multiplexers 941, der in der vorliegenden Erfindung verwendet wird, und der Multiplexer 941 führt eine Normalisierung von "dividiert durch 2 (1 Bit nach links verschoben)" aus. Die Ausgaben lab,... mab-1, mab des Multiplexergerätes 94 werden in Übereinstimmung mit den Ausgaben des Normalisierungsanforderungsgerätes entschieden, um in das Zustandswertspeichergerät 95 eingegeben zu werden.

Das Zustandswertspeichergerät 95 umfaßt so viele 6-Bit-Register, wie Zustände vorhanden sind, und die Größe der Register kann in Abhängigkeit von der Anwendung angepaßt werden. Das Zustandswertspeichergerät 95 speichert die Zustandswerte des Multiplexergerätes 94, und die Ausgabe des Zustandswertspeichergerätes 95 wird der AVA-Recheneinheit 93 zugeführt, um bei der Berechnung der Bestandszustandswerte und der Bestandspfadinformation der jeweiligen Zustände verwendet zu werden.

Das Normalisierungsanforderungsgerät 96 unterscheidet, ob der Maximalwert der Zustandswertdaten des Zustandswertspeichergerätes 95 einen vorherbestimmten Schwellenwert überschreitet, und das Ergebnis wird an das Multiplexergerät 94 ausgegeben. In jedem Fall, wo die Größe der Register, aus denen das Zustandswertspeichergerät 95 besteht, 6 Bit beträgt, und wo der Schwellenwert für die Unterscheidung des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins der Normalisierungsanforderung gleich 31 ist, wird das eine obere Bit der jeweiligen Register des Zustandswertspeichergerätes 95 bei der Erkennung verwendet, ob eine Normalisierungsanforderung vorhanden ist oder nicht. In jenem Fall, in dem der Schwellenwert gleich 47 ist, werden die oberen 2 Bits bei der Erkennung verwendet, ob eine Normalisierungsanforderung vorhanden ist oder nicht.

Das Rückverfolgungsgerät 97 umfaßt: ein Pfadspeichergerät zum Speichern der Bestandspfadinformation der AVA-Recheneinheit 93; und ein Rückverfolgungssteuergerät zur Steuerung der Rückverfolgung. Die decodierten Daten, d. h. die Ergebnisse der Rückverfol-

gung, werden durch ein Ausgabeterminal 98 ausgegeben. Das Rückverfolgungsgerät 97 umfaßt weiters ein Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät, welches eine Rückverfolgung beginnend ab dem Zustand ausführt, welcher den maximalen zweigmetrischen Wert — Bestandszustandswert aufweist.

In der vorliegenden Erfindung wird die Normalisierung von "dividiert durch 2 (1 Bit verschoben nach links)" ausgeführt, wobei die Information des unteren 1 Bit des Rechenergebnisses verworfen wird. Durch Verwerfen der Information des unteren 1 Bit des Ergebnisses des Rechenvorganges kann die Fehlerkorrekturleistung des Viterbi-Decodierers verringert werden.

Um eine derartige Verringerung der Leistung auf ein Mindestmaß zu beschränken, sollte die Häufigkeit der Ausführung der Normalisierung verringert werden, so daß die Häufigkeit der Verwerfung des unteren Bit auf ein Mindestmaß beschränkt würde. Wenn die Häufigkeit der Ausführung der Normalisierung verringert werden soll, muß die Zunahmerate der Zustandswerte auf ein Mindestmaß verringert werden, und daher wird das Rechenergebnis der zweigmetrischen Recheneinheit nicht direkt der AVA-Recheneinheit zugeführt, sondern das normalisierte Ergebnis der Zweigmaße wird in die AVA-Recheneinheit eingegeben. Die relativen Werte sind in der AVA-Recheneinheit wichtig, und daher wird, selbst wenn das normalisierte Ergebnis der Zweigmaße verwendet wird, die Fehlerkorrekturleistung des Viterbi-Decodierers nicht berührt.

Fig. 11 zeigt eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der eine zweigmetrische Normalisierungsrecheneinheit zwischen einer zweigmetrischen Einheit und einer AVA-Recheneinheit gestellt wird.

Die Normalisierung der Zweigmaße wird auf eine solche Art und Weise ausgeführt, daß der Minimalwert von den Zweigmaßen erkannt wird, und der solcherart erkannte Minimalwert von den Zweigmaßen abgezogen wird.

Gemäß dem Verfahren dieser Ausführungsform wird das Verfahren, bei dem die Rechenoperation durch Subtrahieren eines vorherbestimmten Schwellenwertes von den Bestandszustandswerten ausgeführt wird, nicht verwendet, sondern die Bestandszustandswerte werden normalisiert, indem sie durch 2 dividiert werden, mit dem Ergebnis, daß die Betriebsgeschwindigkeit des Viterbi-Decodierers verbessert wird. Die Rechenoperation "dividiert durch 2" wird durch Verwendung der Struktur des Multiplexers von Fig. 11 ausgeführt. Somit wird eine getrennte Logikschaltung für die Ausführung der Normalisierung nicht benötigt, und daher kann die Betriebsgeschwindigkeit im gleichen Umfang wie die Verzögerung der Rechenoperation der Normalisierungsrecheneinheit verbessert werden.

In jenem Fall, wo eine Codesynchronisierung zwischen dem sendenden Teil und dem empfangenden Teil errichtet wird und wo kein Rauschen vorhanden ist, sind, wenn die faltungscodierten empfangenen Codes mit Hilfe des Viterbi-Algorithmus decodiert werden, der Minimalzustandswert und das Maximalzweigmaß immer gleich, und daher ist das Ergebnis "0".

Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Zustand den Minimalwert an einem Zeitpunkt  $t-1$  hat, bei dem eine Rückverfolgung durchgeführt werden kann, indem die Bestandspfadinformation von einem Zustand verwendet wird, dessen Minimalzustandswert an einem beliebigen Zeitpunkt  $t$  liegt, wird größer, je höher das Signal-Rausch-Verhältnis ist, wenn die Synchronisierung errichtet wird. Diese Wahrscheinlichkeit ist größer in je-

nem Fall, wo die Synchronisierung nicht errichtet ist, als in jenem Fall, wo die Synchronisierung errichtet ist.

Das Verfahren zur Erkennung der Synchronisierung/Nichtsynchronisierung, welches in der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen wird, wird auf die folgende Art und Weise ausgeführt. Das heißt, es wird eine Beobachtung über eine bestimmte Zeitdauer hinweg durchgeführt, ob ein Zustand, dessen Minimalzustandswert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, jener Zustand ist, der von einem Zustand zurückverfolgbar ist, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, indem die Bestandspfadinformation verwendet wird, wodurch die Synchronisierung/Nichtsynchronisierung erkannt wird.

Wenn ein Zustand, dessen Minimalzustandswert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, von einem Zustand aus rückverfolgbar ist, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, indem die Bestandspfadinformation verwendet wird, wird dieser als "entsprechend" bezeichnet. Auf der anderen Seite wird, wenn die Rückverfolgung nicht möglich ist, davon gesprochen, daß es zu einer Nichtentsprechung gekommen ist. Somit wird die Anzahl der Vorkommen von Entsprechungen und Nichtentsprechungen über eine bestimmte Zeitdauer hinweg gemessen, und das Ergebnis wird mit einem vorherbestimmten Bezugswert verglichen, wodurch über die Synchronisierung/Nichtsynchronisierung entschieden wird.

Fig. 12 zeigt eine Ausführungsform eines Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsgerätes für den Viterbi-Decodierer gemäß der vorliegenden Erfindung.

Die Bitadresinformation eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, wird durch ein Eingabeterminal 121 sowohl in ein Register 122 als auch in einen Komparator 124 eingegeben. Das Register 122 dient zur Speicherung der Adresinformation des Zustandes, dessen Minimalzustandswert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, und verfügt über eine bestimmte Bitgröße. Daher speichert es die Bitadresinformation (eingegeben durch das Eingabeterminal 121), um sie bei der nächsten Periode zu verwenden.

Der Komparator 124 empfängt: die Adresinformationbits eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am vorhergehenden Zeitpunkt liegt; die unteren  $n-1$  Bits der Adresinformation eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt (und durch das Eingabeterminal 121 eingegeben werden); und die Bestandspfadinformation, welche durch ein Eingabeterminal 123 eingegeben wird, um diese zur Erkennung des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins einer Nichtentsprechung zu vergleichen. Das Ergebnis des Vergleichs wird an einen Zähler 125 ausgegeben.

Der Zähler 125 empfängt die Signale vom Komparator 124, und nur wenn eine Nichtentsprechung erkannt wird, wird der Wert der Zählung erhöht. Der Zähler zählt die Anzahl der Vorkommen von Nichtentsprechungen über eine bestimmte Zeitdauer hinweg, und bei bestimmten Intervallen wird der Wert des Zählers auf "0" zurückgesetzt.

Ein Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsgerät 126 erkennt die Synchronisierungs/Nichtsynchronisierung durch den Vergleich der Anzahl der Vorkommen von Nichtentsprechungen während einer bestimmten Zeitdauer.

Es gibt eine weitere Ausführungsform des Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsgerätes

gemäß der vorliegenden Erfindung. In dieser Ausführungsform wird, ohne Verwendung der Bestandspfadinformation, eine Beobachtung über eine bestimmte Zeitdauer hinweg durchgeführt, ob ein Zustand, dessen Minimalzustandswert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, von einem Zustand, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, rückverfolgbar ist, wodurch die Synchronisierung/Nicht-Synchronisierung erkannt wird.

Fig. 13 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsgerätes für den Viterbi-Decodierer gemäß der vorliegenden Erfindung.

Die n-Bit-Adresseinformation eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, wird durch ein Eingabeterminal 131 sowohl einem Register 132 als auch einem Komparator 134 zugeführt. Das Register 132 dient zur Speicherung der Adresseinformation des Zustandes, dessen Minimalwert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, und verfügt über eine Größe von  $n - 1$  Bit. Daher speichert es die oberen  $n - 1$  Bits der n-Bit-Adresseinformation (eingegeben durch das Eingabeterminal 131), um diese bei der nächsten Periode zu verwenden.

Der Komparator 134 empfängt: die oberen  $n - 1$  Bits der Adresseinformationsbits eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am vorhergehenden Zeitpunkt liegt; und die unteren  $n - 1$  Bits der Adresseinformation eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt (und über das Eingabeterminal 131 eingegeben wird), um diese zur Erkennung des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins einer Nichtentsprechung zu vergleichen. Das verglichene Ergebnis wird an einen Zähler 135 ausgegeben.

Der Zähler 135 empfängt die Signale vom Komparator 134, und nur wenn eine Nichtentsprechung erkannt wird, wird der Wert der Zählung erhöht. Der Zähler zählt die Anzahl der Vorkommen von Nichtentsprechungen über eine bestimmte Zeitdauer hinweg, und bei bestimmten Intervallen wird der Wert des Zählers auf "0" zurückgesetzt.

Ein Synchronisierungs/Nichtsynchronisierungserkennungsgerät 136 empfängt die gezählten Werte des Zählers 135, um die Anzahl der Vorkommen von Nichtentsprechungen mit einem vorherbestimten Bezugswert zu vergleichen, wodurch die Synchronisierung/Nichtsynchronisierung erkannt wird.

Im Anwendungsbereich, in dem die Durchschlagsfaltungscodietechnik angewandt wird, und im Fall, wo eine Durchschlagsmustersynchronisierung zwischen dem sendenden Teil und dem empfangenden Teil errichtet wird, sowie in dem Fall, wo die faltungskodierten empfangenen Codes unter einer rauschfreien Umgebung mit Hilfe des Viterbi-Algorithmus decodiert werden, sind der Minimalzustandswert und das Minimalzweigmaß stets gleich, und der Wert ist "0".

Die Wahrscheinlichkeit, daß der Minimalwert eines Zustandes beim Zeitpunkt  $t - 1$  liegt, durch den eine Rückverfolgung mit Hilfe der Bestandspfadinformation von einem Zustand, dessen Minimalzustandswert an einem beliebigen Zeitpunkt  $t$  liegt, wird größer, je höher das Signal-Rausch-Verhältnis ist, wenn die Synchronisierung errichtet wird. Diese Wahrscheinlichkeit ist in jenem Fall größer, in dem die Synchronisierung errichtet wird, als in jenem Fall, in dem die Synchronisierung nicht errichtet wird.

Daher wird eine Beobachtung durchgeführt, ob ein Zustand, dessen Minimalzustandswert am unmittelbar

vorhergehenden Zeitpunkt liegt, einem Zustand entspricht, der durch Rückverfolgung von einem Zustand erhalten werden kann, dessen Minimalwert am aktuellen Zeitpunkt liegt. Auf diese Weise kann die Synchronisierung/Nichtsynchronisierung des Durchschlagsmusters erkannt werden.

Das Verfahren zur Erkennung der Durchschlagsmustersynchronisierung/Nichtsynchronisierung, welches in der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen wird, wird auf die folgende Art und Weise ausgeführt. Das heißt, es wird eine Beobachtung über eine bestimmte Zeitdauer hinweg durchgeführt, ob ein Zustand, dessen Minimalzustandswert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, jener Zustand ist, der von einem Zustand, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, mit Hilfe der Bestandspfadinformation zurückverfolgbar ist, wodurch die Synchronisierung/Nichtsynchronisierung erkannt wird.

Wenn ein Zustand, dessen Minimalzustandswert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, durch Verwendung der Bestandspfadinformation von einem Zustand rückverfolgbar ist, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, wird er als "entsprechend" bezeichnet. Auf der anderen Seite wird, wenn die Rückverfolgung nicht möglich ist, davon gesprochen, daß es zu einer Nichtentsprechung gekommen ist. Somit wird die Anzahl der Vorkommen von Entsprechungen und Nichtentsprechungen über eine bestimmte Zeitdauer hinweg gemessen, und das Ergebnis wird mit einem vorherbestimmten Bezugswert verglichen, wodurch die Synchronisierung/Nichtsynchronisierung entschieden wird.

Wenn in einem Faltungscodierer, der eine Codierrate von  $R = 1/2$  aufweist, die Größe (Registerfeld  $(k) - 1$ ) des verwendeten Registers gleich  $n$  ist, können ein Zustand  $S_i(t)$ , dessen Minimalzustandswert an einem Zeitpunkt  $t$  liegt, und ein Zustand  $S_j(t - 1)$ , dessen Minimalzustandswert an einem Zeitpunkt  $t - 1$  liegt, in Bitreihen wie folgt angeordnet werden:

$$\begin{aligned} S_i(t) &= b_n b_{n-1} \dots b_1 b_0 \\ S_j(t-1) &= b_n' b_{n-1}' \dots b_1' b_0'. \end{aligned}$$

Des Weiteren kann ein beliebiger Zustand  $S_h(t - 1)$  zu einem Zeitpunkt  $t - 1$ , der durch Rückverfolgung vom Zustand  $S_i(t)$  durch Verwendung der Bestandspfadinformation  $X$  des Zustandes  $S_i(t)$  erhalten werden kann, in Bitreihen wie folgt ausgedrückt werden:

$$S_h(t-1) = b_n - 1 b_{n-1} - 2 \dots b_1 x.$$

Ob der Zustand  $S_j(t - 1)$ , dessen Minimalzustandswert an einem Zeitpunkt  $t - 1$  liegt, einem Zustand entspricht, der durch Rückverfolgung vom Zustand  $S_i(t)$ , dessen Minimalzustandswert am Zeitpunkt  $t$  liegt, mit Hilfe der Bestandspfadinformation erhalten wird oder nicht, wird durch Vergleichen der  $n$  Bits von  $S_h(t - 1)$  mit den  $n$  Bits von  $S_j(t - 1)$  entschieden.

Fig. 14 ist eine graphische Darstellung, welche die durchschnittliche Nichtentsprechungsrate im Vergleich zum Signal-Rausch-Verhältnis ( $E_b/N_0$ ) während der Durchschlagsmustersynchronisierung/Nichtsynchronisierung zeigt, wobei der Durchschlagsfaltungscodierer eine Coderate von  $R = 7/8$  aufweist, und ein erzeugendes Polynom 171, 133 verwendet wird.

Aufgrund der Merkmale unterhalb des Signal-Rausch-Verhältnisses von 3,0 dB ist es unmöglich, einen Bezugswert zu erstellen, der die Durchschlagsmustersynchronisierung/Nichtsynchronisierung unabhängig vom Signal-Rausch-Verhältnis erkennen kann. Bei einer Umgebung von mehr als 4,0 dB ist es jedoch möglich, einen Bezugswert zu erstellen, der die Durchschlagsmu-

stersynchronisierung/Nichtsynchronisierung unabhängig vom Signal-Rausch-Verhältnis erkennen kann.

Fig. 15 ist eine graphische Darstellung, welche die durchschnittliche Entsprechungsrate im Vergleich zum Signal-Rausch-Verhältnis ( $E_b/N_0$ ) während der Durchschlagsmustersynchronisierung/Nichtsynchronisierung zeigt, wobei ein Durchschlagsfaltungscodierer eine Coderate von  $R = 7/8$  aufweist und ein erzeugendes Polynom 171, 133 verwendet wird. Unter einer Umgebung von mehr als 4,0 dB ist es möglich, einen Bezugswert zu erstellen, der die Durchschlagsmustersynchronisierung/Nichtsynchronisierung unabhängig vom Signal-Rausch-Verhältnis erkennen kann.

Zwischen dem Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsbezugswert und dem Durchschnittswert bei der Synchronisierung und dem Durchschnittswert bei der Nichtsynchronisierung gibt es keinen ausreichenden Rand. Daher kann nicht ausgeschlossen werden, daß es zu einer fehlerhaften Erkennung kommt oder daß die Erkennungszeit verlängert wird. Um einen derartigen Rand zu vergrößern, wird die Anzahl der Vorkommen von Nichtentsprechungen nur dann gemessen, wenn das Durchschlagsmuster gleich  $X_i - Y_i = 1$  ist. Oder wenn  $X_i - Y_i = 1$  ist, wird eine bestimmte Menge eines Gewichtswertes addiert, um so den Rand zu vergrößern.

Fig. 16 zeigt eine Ausführung des Durchschlagsmustersynchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsgerätes für den Viterbi-Decodierer gemäß der vorliegenden Erfundung.

Die n-Bit-Adresseinformation eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, wird über ein Eingabeterminal 161 sowohl in ein Register 162 als auch in einen Komparator 164 eingegeben. Das Register 162 dient zur Speicherung der Adresseinformation des Zustandes, dessen Minimalwert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, und verfügt über eine Größe von n-Bit. Daher speichert es die Bitadreßinformationen (eingegeben durch das Eingabeterminal 161), um sie bei der nächsten Periode zu verwenden.

Der Komparator 164 empfängt: die n-Bit-Adresseinformation eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am vorhergehenden Zeitpunkt liegt; die unteren  $n - 1$  Bit der Adresseinformation eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt (und durch das Eingabeterminal 161 eingegeben wird); und die Bestandspfadinformation, welche durch ein Eingabeterminal 163 eingegeben wird, um diese zur Erkennung des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins einer Nichtentsprechung zu vergleichen. Das verglichene Ergebnis wird an einen Zähler 165 ausgegeben.

Der Zähler 165 empfängt die Signale vom Komparator 164, und nur wenn eine Nichtentsprechung erkannt wird, wird der Wert der Zählung erhöht. Der Zähler zählt die Anzahl der Vorkommen von Nichtentsprechungen über eine bestimmte Zeitspanne hinweg, und bei bestimmten Intervallen wird der Wert des Zählers zurückgesetzt.

Ein Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsgerät 166 empfängt die gezählten Bitwerte, d. h. die Anzahl der Vorkommen von Nichtentsprechungen während einer bestimmten Zeitspanne, vom Zähler 165, und erkennt die Durchschlagsmustersynchronisierung/Nichtsynchronisierung durch Vergleichen des eingegebenen Zählerwertes mit einem Bezugswert für die Synchronisierung/Nichtsynchronisierung.

Des Weiteren wird ohne Verwendung der Bestandspfadinformationen eine Beobachtung über eine be-

stimmte Zeitspanne hinweg durchgeführt, ob ein Zustand, dessen Minimalzustandswert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, von einem Zustand rückverfolgbar ist, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, wodurch die Synchronisierung/Nichtsynchronisierung erkannt wird.

Wenn ein Zustand, dessen Minimalzustandswert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, durch Verwendung der Bestandspfadinformationen von einem Zustand rückverfolgbar ist, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, wird dies als "Entsprechung" bezeichnet. Auf der anderen Seite wird, wenn die Rückverfolgung nicht möglich ist, davon gesprochen, daß es zu einer Nichtentsprechung gekommen ist. Somit wird die Anzahl der Vorkommen von Entsprechungen und Nichtentsprechungen über eine bestimmte Zeitspanne hinweg gemessen, und das Ergebnis wird mit einem vorherbestimmen Bezugswert verglichen, wodurch die Durchschlagsmustersynchronisierung/Nichtsynchronisierung entschieden wird.

Fig. 17 stellt eine weitere Ausführungsform des Durchschlagsmustersynchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsgerätes für den Viterbi-Decodierer gemäß der vorliegenden Erfundung dar.

Die n-Bit-Adresseinformation eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, wird durch ein Eingabeterminal 171 sowohl in ein Register 172 als auch in einen Komparator 174 eingegeben. Das Register 172 dient zur Speicherung der Adresseinformation des Zustandes, dessen Minimalzustandswert am unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, und verfügt über eine Größe von  $n - 1$  Bits. Daher speichert es die  $n - 1$ -Bit-Adresseinformation (eingegeben durch das Eingabeterminal 171), um sie bei der nächsten Periode zu verwenden.

Der Komparator 174 empfängt: die  $n - 1$  Bits der Adresseinformation eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am vorhergehenden Zeitpunkt liegt (eingeben vom Register 172); und die unteren  $n - 1$  Bits der Adresseinformation eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt (eingeben durch das Eingabeterminal 171), um diese zur Erkennung des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins einer Nichtentsprechung zu vergleichen. Das verglichene Ergebnis wird an einen Zähler 175 ausgegeben.

Der Zähler 175 empfängt die Signale vom Komparator 174, und nur wenn eine Nichtentsprechung erkannt wird, wird der Wert der Zählung erhöht. Der Zähler zählt die Anzahl der Vorkommen von Nichtentsprechungen über eine bestimmte Zeitspanne hinweg, und bei bestimmten Intervallen wird der Wert des Zählers auf "0" zurückgesetzt.

Ein Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsgerät 176 empfängt die gezählten Bitwerte, d. h. die Anzahl der Vorkommen von Nichtentsprechungen während einer bestimmten Zeitspanne, vom Zähler 175, und erkennt die Durchschlagsmustersynchronisierung/Nichtsynchronisierung durch Vergleichen des eingegebenen gezählten Wertes mit einem Bezugswert für die Synchronisierung/Nichtsynchronisierung.

Gemäß der wie oben beschriebenen vorliegenden Erfundung kann die Betriebsgeschwindigkeit des Viterbi-Decodierers in jenen Anwendungsbereichen verbessert werden, in denen die Faltungscodietechnik verwendet wird. Des Weiteren kann mit minimalen Bauteilekosten die Synchronisierung/Nichtsynchronisierung entdeckt werden.

## Bezugszeichenliste

- (Fig. 3)  
 32 Zweigmetrische Recheneinheit  
 33 AVA-Recheneinheit  
 35 Normalisierungsrecheneinheit  
 34 Zustandswertspeichergerät  
 36 Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät  
 38 Rückverfolgungssteuergerät  
 37 Pfadspeichergerät  
 (Fig. 4)  
 Quantisierung — Codeblock gebildet — Zweigmaß berechnet — Minimales Zweigmaß berechnet — Zustandswerte gespeichert — AVA-Berechnung ausgeführt — Pfade gespeichert — Minimaler Zustandswert gespeichert — Normalisierung angefordert — Normalisierungshäufigkeit gemessen — Synchronisierung erkannt.  
 (Fig. 5)  
 52 Zweigmetrische Recheneinheit  
 53 AVA-Recheneinheit  
 54 Normalisierungsrecheneinheit  
 55 Zustandswertspeichergerät  
 56 Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät  
 57 Maximalzweigmaßwertspeichergerät  
 58 Rückverfolgungssteuergerät  
 59 Pfadspeichergerät  
 (Fig. 6)  
 62 Zweigmetrische Recheneinheit  
 64 Normalisierungsrecheneinheit  
 63 AVA-Recheneinheit  
 65 Zustandswertspeichergerät  
 66 Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät  
 69 Pfadspeichergerät  
 68 Rückverfolgungssteuergerät  
 67 Maximalzweigmaßwertspeichergerät  
 (Fig. 7)  
 72 Zweigmetrische Recheneinheit  
 73 AVA-Recheneinheit  
 76 Normalisierungsanforderungsgerät  
 77 Normalisierungsrecheneinheit  
 74 Multiplexgerät  
 75 Zustandswertspeichergerät  
 78 Rückverfolgungssteuergerät  
 (Fig. 8)  
 82 Zweigmetrische Recheneinheit  
 83 AVA-Recheneinheit  
 87 Normalisierungsrecheneinheit  
 84 Multiplexgerät  
 85 Zustandswertspeichergerät  
 86 Normalisierungsanforderungsgerät  
 88 Rückverfolgungssteuergerät  
 (Fig. 9)  
 92 Zweigmetrische Recheneinheit  
 93 AVA-Recheneinheit  
 94 Multiplexgerät  
 95 Zustandswertspeichergerät  
 96 Normalisierungsanforderungsgerät  
 97 Rückverfolgungssteuergerät  
 (Fig. 11)  
 112 Zweigmetrische Recheneinheit  
 119 Normalisierungsrecheneinheit  
 113 AVA-Recheneinheit  
 114 Multiplexgerät  
 115 Zustandswertspeichergerät  
 116 Normalisierungsanforderungsgerät  
 117 Rückverfolgungssteuergerät  
 (Fig. 12)
- 122 Register  
 124 Komparator  
 125 Zähler  
 126 Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsgerät  
 (Fig. 13)  
 132 Register  
 134 Komparator  
 135 Zähler  
 136 Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsgerät  
 (Fig. 14)  
 Durchschnittliche Nichtentsprechungsrate  
 Coderate: 7/8 erzeugendes Polynom (171, 183)  
 Nichtsynchronisierte Zustand  
 Synchronisierte Zustand  
 (Fig. 15)  
 Durchschnittliche Entsprechungsrate  
 Synchronisierte Zustand  
 20 Nichtsynchronisierte Zustand  
 (Fig. 16)  
 162 Register  
 164 Komparator  
 165 Zähler  
 25 166 Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsgerät  
 (Fig. 17)  
 172 Register  
 174 Komparator  
 30 175 Zähler  
 176 Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsgerät

## Patentansprüche

- 35 1. Viterbi-Decodierer, umfassend:  
 eine zweigmetrische Recheneinheit zur Berechnung der Zweigmaße von Signalen, welche von einem Eingabeterminal eingegeben werden;  
 40 eine AVA-Recheneinheit zum Empfang von Zustandswerten (zum vorhergehenden Zeitpunkt) und zweigmetrischen Werten von der zweigmetrischen Recheneinheit, um die Zustandswerte und eine Bestandspfadinformation zu berechnen;  
 45 eine Normalisierungsrecheneinheit zur Normalisierung der Zustandswerte durch Verwendung der maximalen zweigmetrischen Werte und der Zustandswerte der AVA-Recheneinheit;  
 ein Zustandswertspeichergerät zur Speicherung eines ausgegebenen Zustandswertes der Normalisierungsrecheneinheit;  
 50 ein Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät zur Erkennung des maximalen zweigmetrischen Wertes von einer Ausgabe des Zustandswertspeichergerätes;  
 ein Maximalzweigmaßwertspeichergerät zur Speicherung eines ausgegebenen maximalen zweigmetrischen Wertes (zum vorhergehenden Zeitpunkt) des Maximalzweigmaßwerterkennungsgerätes, um dessen Ausgabe der Normalisierungsrecheneinheit zuzuführen;  
 55 ein Rückverfolgungssteuergerät zum Empfang eines ausgegebenen maximalen zweigmetrischen Wertes vom Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät, um decodierte Daten auszugeben; und  
 60 ein Pfadspeichergerät zum Speichern einer ausgegebenen Bestandspfadinformation der AVA-Recheneinheit.
- 65

2. Viterbi-Decodierer gemäß Anspruch 1, worin das Pfadspeichergerät einen internen Speicher zum Ausgleichen eines Periodenunterschiedes umfaßt.
3. Viterbi-Decodierer gemäß Anspruch 1, worin ein Speicher zwischen der AVA-Recheneinheit und dem Pfadspeichergerät zum Ausgleichen eines Periodenunterschiedes angebracht ist.
4. Viterbi-Decodierer, umfassend:
- eine zweigmetrische Recheneinheit zur Berechnung der Zweigmaße von Signalen, die von einem Eingabeterminal eingegeben werden;
  - eine Normalisierungsrecheneinheit zur Normalisierung der Zustandswerte durch Verwendung der maximalen zweigmetrischen Werte und der zweigmetrischen Werte der zweigmetrischen Recheneinheit;
  - eine AVA-Recheneinheit zur Berechnung von Zustandswerten und einer Bestandspfadinformation durch Empfang der Zustandswerte des vorhergehenden Zeitpunktes und durch Empfang einer Ausgabe der Normalisierungsrecheneinheit;
  - ein Zustandswertspeichergerät zur Speicherung eines ausgegebenen Zustandswertes der AVA-Recheneinheit, um diesen zur AVA-Recheneinheit auszugeben;
  - ein Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät zur Erkennung des maximalen zweigmetrischen Wertes von einer normalisierten Ausgabe des Zustandswertspeichergerätes;
  - ein Maximalzweigmaßwertspeichergerät zur Speicherung eines ausgegebenen maximalen zweigmetrischen Wertes (für den vorhergehenden Zeitpunkt) des Maximalzweigmaßwerterkennungsgerätes, um diesen zur Normalisierungsrecheneinheit auszugeben;
  - ein Rückverfolgungssteuergerät zur Ausgabe decodierter Daten nach Ausführung eines Decodervorganges durch Empfang einer Adresse eines Zustandes, dessen maximaler zweigmetrischer Wert vom Maximalzweigmaßwerterkennungsgerät stammt, um so decodierte Daten auszugeben; und ein Pfadspeichergerät zur Speicherung einer ausgegebenen Bestandspfadinformation der AVA-Recheneinheit.
5. Viterbi-Hochgeschwindigkeitsdecodiererverfahren, basierend auf einer Normalisierung, umfassend die folgenden Schritte:
- Treffen einer Entscheidung, ob der Maximalwert von Bestandszustandswerten eines Zustandswertspeichergerätes einen vorherbestimmten Schwellwert überschreitet;
- Treffen einer Entscheidung bezüglich des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins einer Normalisierungsanforderung; und
- Dividieren durch 2 für alle Bestandszustandswerte, um so einen Normalisierungsvorgang auszuführen.
6. Viterbi-Hochgeschwindigkeitsdecodierer, basierend auf einem Normalisierungsvorgang, umfassend:
- eine zweigmetrische Recheneinheit zur Berechnung der Zweigmaße von Signalen, die von einem Eingabeterminal eingegeben werden;
  - eine AVA-Recheneinheit zum Empfang von Zustandswerten (zum vorhergehenden Zeitpunkt) und zweigmetrischen Werten von der Zweigmetrikrecheneinheit, um so die Zustandswerte und eine Bestandspfadinformation zu berechnen;
  - ein Multiplexergerät, bestehend aus so vielen Muli-

- plexern, wie Zustände vorhanden sind, und zum Empfang der Ausgabe der AVA-Recheneinheit, um diese entweder auszugeben, ohne sie in Übereinstimmung mit einer Normalisierungsrechenanforderung zu bearbeiten, oder um ein "durch 2 dividiertes" normalisiertes Ergebnis auszugeben;
- ein Zustandswertspeichergerät zur Speicherung der Zustandswerte des Multiplexergerätes, um diese zur AVA-Recheneinheit auszugeben;
- ein Normalisierungsanforderungsgerät zur Erkennung, ob der Maximalwert der Zustandswerte des Zustandswertspeichergerätes einen vorherbestimmten Schwellenwert überschreitet oder nicht, um so das Ergebnis an ein Multiplexergerät auszugeben; und
- ein Rückverfolgungsgerät, bestehend aus: einem Pfadspeichergerät zur Speicherung der Bestandspfadinformation der AVA-Recheneinheit; und ein Rückverfolgungssteuergerät zur Steuerung einer Rückverfolgung, um so decodierte Daten basierend auf der Rückverfolgung auszugeben.
7. Viterbi-Hochgeschwindigkeitsdecodierer gemäß Anspruch 6, worin das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer Normalisierungsanforderung durch Verwendung von oberen Bits eines Registers des Zustandswertspeichergerätes in Übereinstimmung mit einem Schwellenwert erkannt wird.
8. Viterbi-Hochgeschwindigkeitsdecodierer gemäß Anspruch 6, worin eine zweigmetrische Normalisierungsrecheneinheit zwischen die zweigmetrische Recheneinheit und die AVA-Recheneinheit eingefügt wird, um den Minimalwert des Rechnergebnisses der Zweigmaße zu erkennen, um so den Minimalwert von allen Zweigmaßen abzuziehen.
9. Verfahren zur Erkennung einer Synchronisierung/Nichtsynchronisierung durch einen Viterbi-Decodierer, umfassend die folgenden Schritte:
- Treffen einer Entscheidung, ob ein Zustand, dessen Minimalzustandswert an einem unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, einem Zustand entspricht, der durch Rückverfolgung unter Verwendung einer Bestandspfadinformation von einem Zustand erhalten wurde, dessen Minimalwert am aktuellen Zeitpunkt liegt;
- Messen der Anzahl an Vorkommen von Nichtentsprechungen, daß ein Zustand, dessen Minimalzustandswert an einem unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, nicht durch Verwendung einer Bestandspfadinformation von einem Zustand zurückverfolgt werden kann, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt; und
- Vergleichen der Anzahl an Vorkommen von Nichtentsprechungen mit einem Bezugswert.
10. Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungserkennungsgerät für einen Viterbi-Decodierer, umfassend:
- ein Register mit einer Größe von n Bits zur Speicherung einer Adressinformation eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert an einem unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt;
  - einen Komparator, um vom Register zu empfangen: n obere Bits eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert an einem vorhergehenden Zeitpunkt liegt; n-1 untere Bits einer Adressinformation eines Zustandes, dessen Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt; und Bestandspfadinformationen, um über eine Nichtentsprechung zu entscheiden;

einen Zähler zum Empfang von Signalen vom Komparator, um den gezählten Wert nur beim Auftreten einer Nichtentsprechung zu erhöhen; und einen Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungs-detektor zum Empfang der gezählten Anzahl an Nichtentsprechungen (die innerhalb einer bestimmten Zeitdauer aufgetreten sind) vom Zähler, um diese mit einem vorherbestimmten Bezugswert zu vergleichen, um so eine Synchronisierung/Nichtsynchronisierung zu erkennen.

5

10

11. Synchronisierungs-/Nichtsynchronisierungsge-  
rät gemäß Anspruch 10, worin der Zähler die An-  
zahl der Vorkommen an Nichtentsprechungen  
über eine bestimmte Zeitdauer hinweg zählt und  
den Zählwert bei vorherbestimmten Intervallen zu-  
rücksetzt.

15

12. Verfahren zur Erkennung einer Synchronisie-  
rung/Nichtsynchronisierung in einem Viterbi-De-  
codierer, umfassend die folgenden Schritte:  
Beobachtung, ob ein Zustand, dessen Minimalzu-  
standswert an einem vorhergehenden Zeitpunkt  
liegt, einem Zustand entspricht, der durch Verwen-  
dung einer Bestandspfadinformation durch Rück-  
verfolgung von einem Zustand, dessen Minimalzu-  
standswert am aktuellen Zeitpunkt liegt, erhalten  
wird;

20

25

Treffen einer Entscheidung über eine Nichtent-  
sprechung, daß ein Zustand, dessen Minimalzu-  
standswert an einem unmittelbar vorhergehenden  
Zeitpunkt liegt, nicht durch Verwendung einer Be-  
standspfadinformation von einem Zustand, dessen  
Minimalzustandswert am aktuellen Zeitpunkt liegt,  
zurückverfolgt werden kann;

30

Messen der Anzahl der Vorkommen an Nichtent-  
sprechungen nur dann, wenn ein Durchschlagsmu-  
ster gleich  $X_i = Y_i = 1$  ist; und

35

Vergleichen der Anzahl der Vorkommen an Nich-  
tentsprechungen mit einem Bezugswert.

13. Verfahren gemäß Anspruch 12, worin der  
Schritt des Messens der Anzahl der Vorkommen an  
Nichtentsprechungen einen Unterschritt des Ad-  
dierens eines Gewichtes zur Anzahl der Vorkom-  
men an Nichtentsprechungen einschließt, wenn ein  
Durchschlagsmuster gleich  $X_i = Y_i = 1$  ist.

40

14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 12 und  
13, worin beim Schritt des Entscheidens darüber, ob  
ein Zustand, dessen Minimalzustandswert an einem  
unmittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, nicht  
von einem Zustand, dessen Minimalzustandswert  
am aktuellen Zeitpunkt liegt, zurückverfolgt wer-  
den kann, die Nichtentsprechung durch Verglei-  
chen der oberen  $n - 1$  Bits einer Adressinformation  
eines Zustandes, dessen Minimalwert an einem un-  
mittelbar vorhergehenden Zeitpunkt liegt, mit un-  
teren  $n - 1$  Bits einer Adressinformation eines Zu-  
standes, dessen Minimalwert am aktuellen Zeit-  
punkt liegt, entschieden wird, und  
ein Register eines Faltungscodierers eine Größe  
von  $n(K(\text{Registerfeld}) - 1)$  aufweist.

45

50

55

60

FIG 1

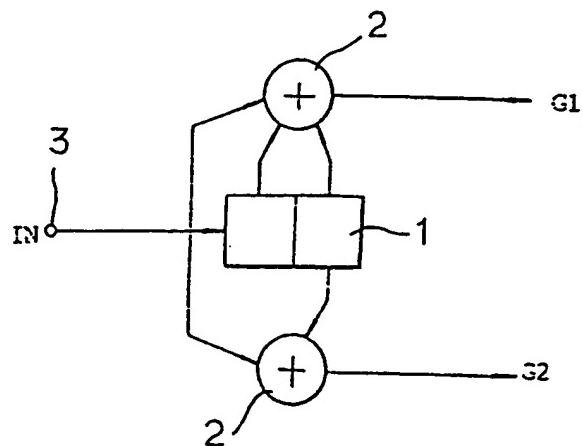


FIG 2

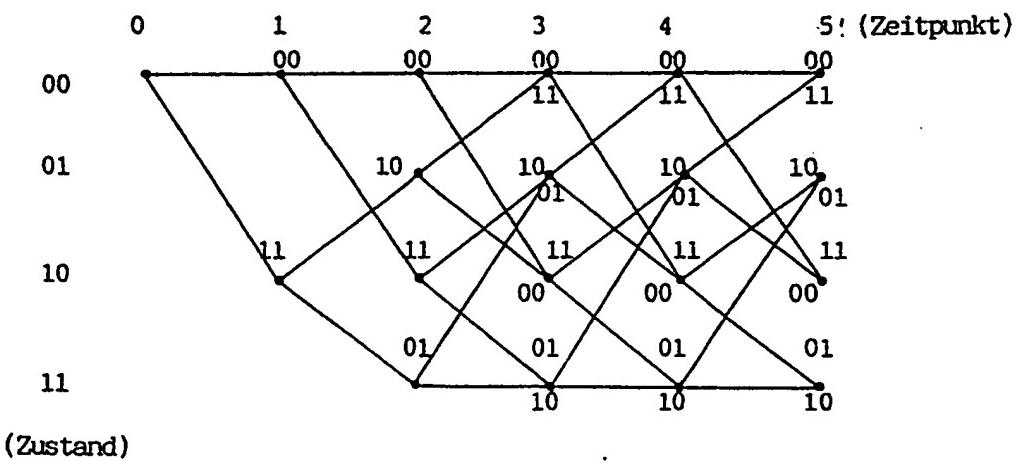


FIG 3

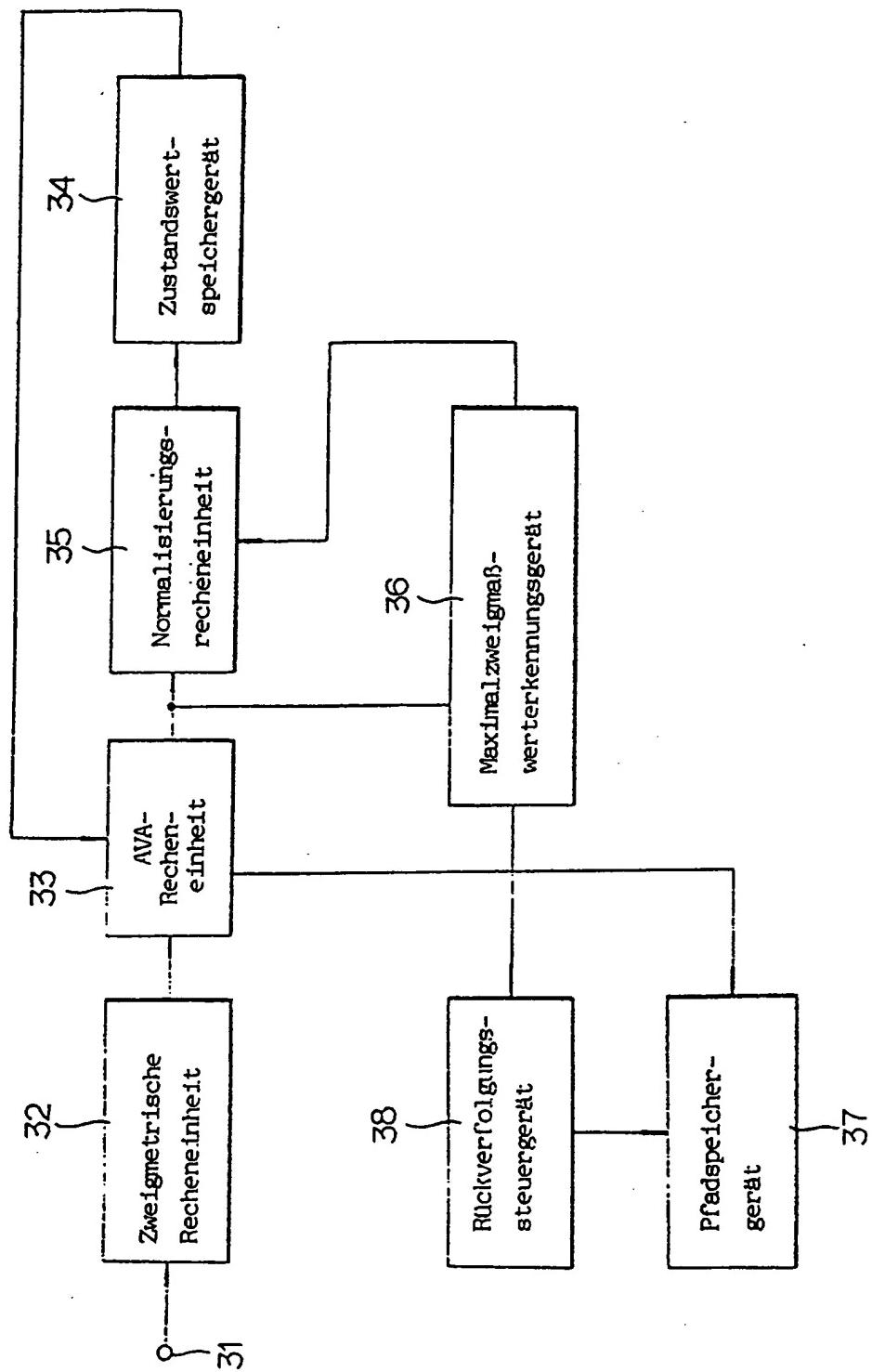


FIG 4

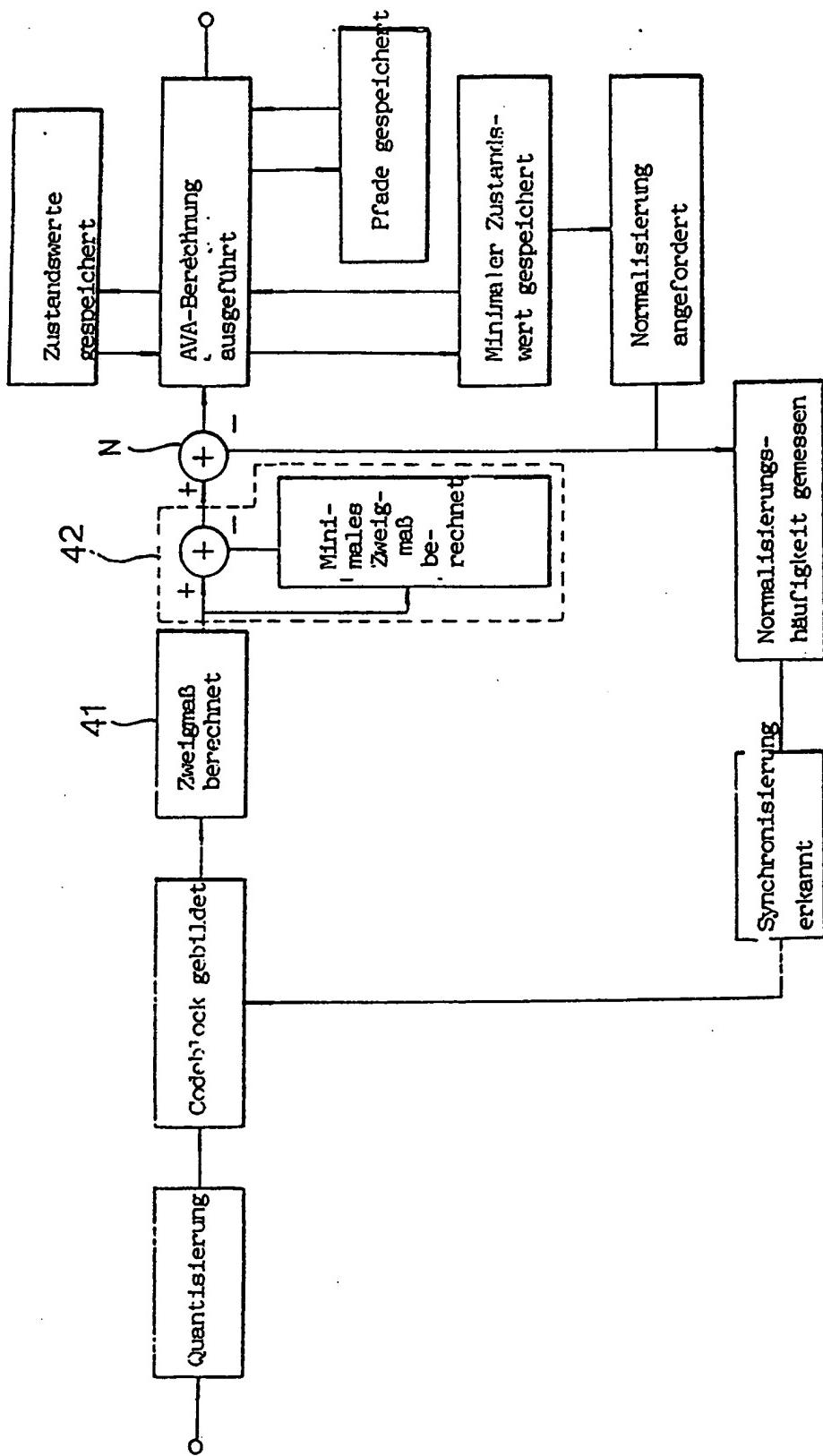


FIG 5

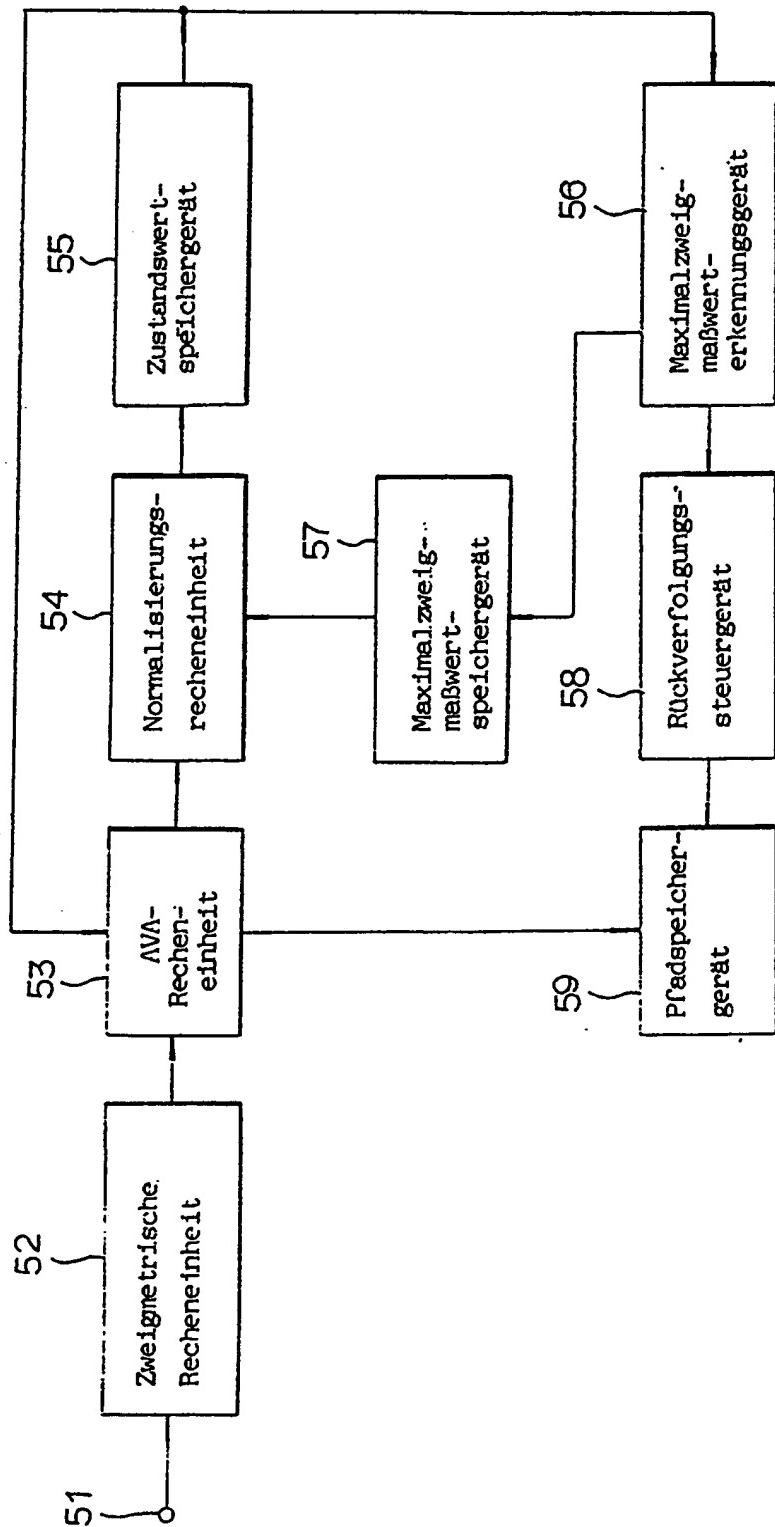


FIG 6

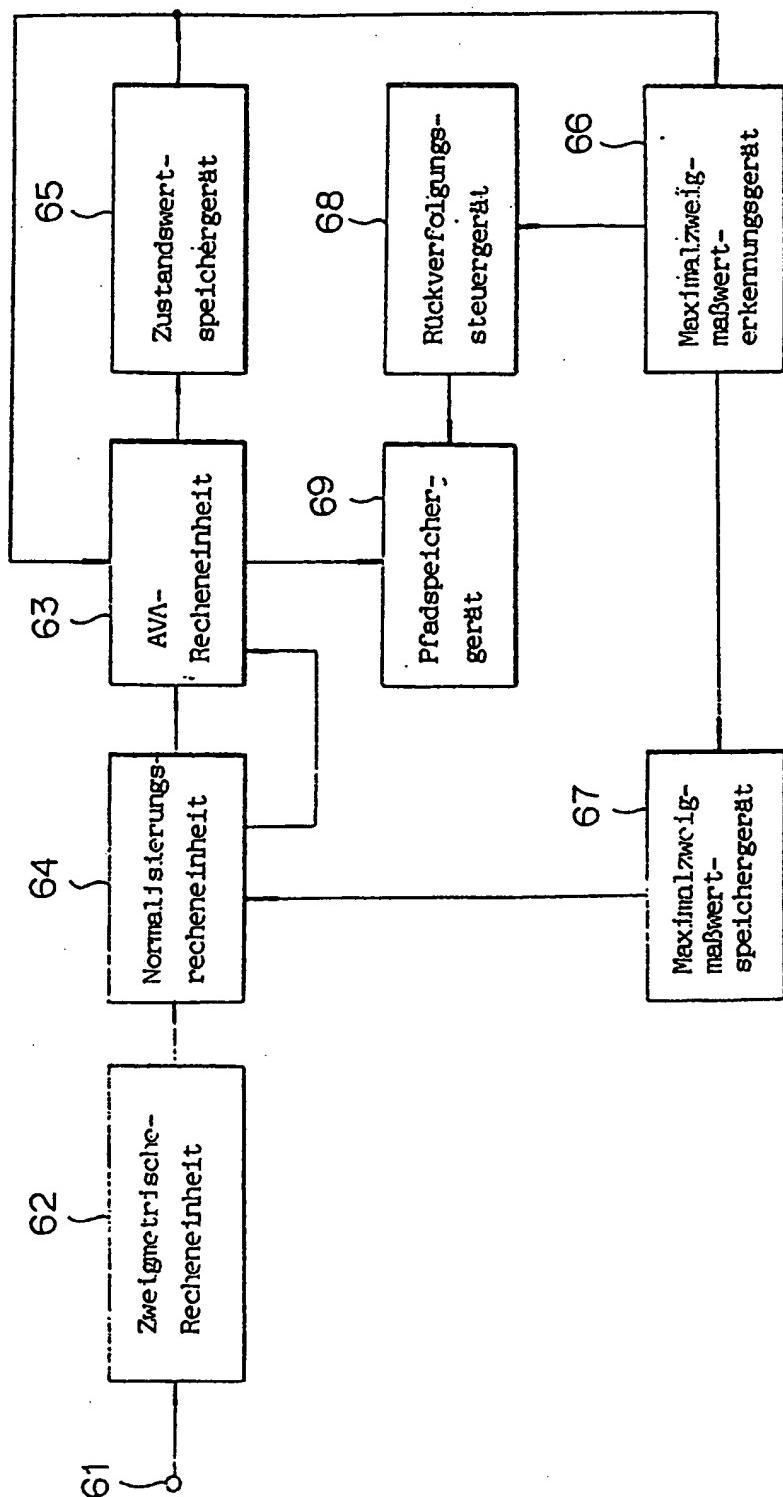


FIG 7

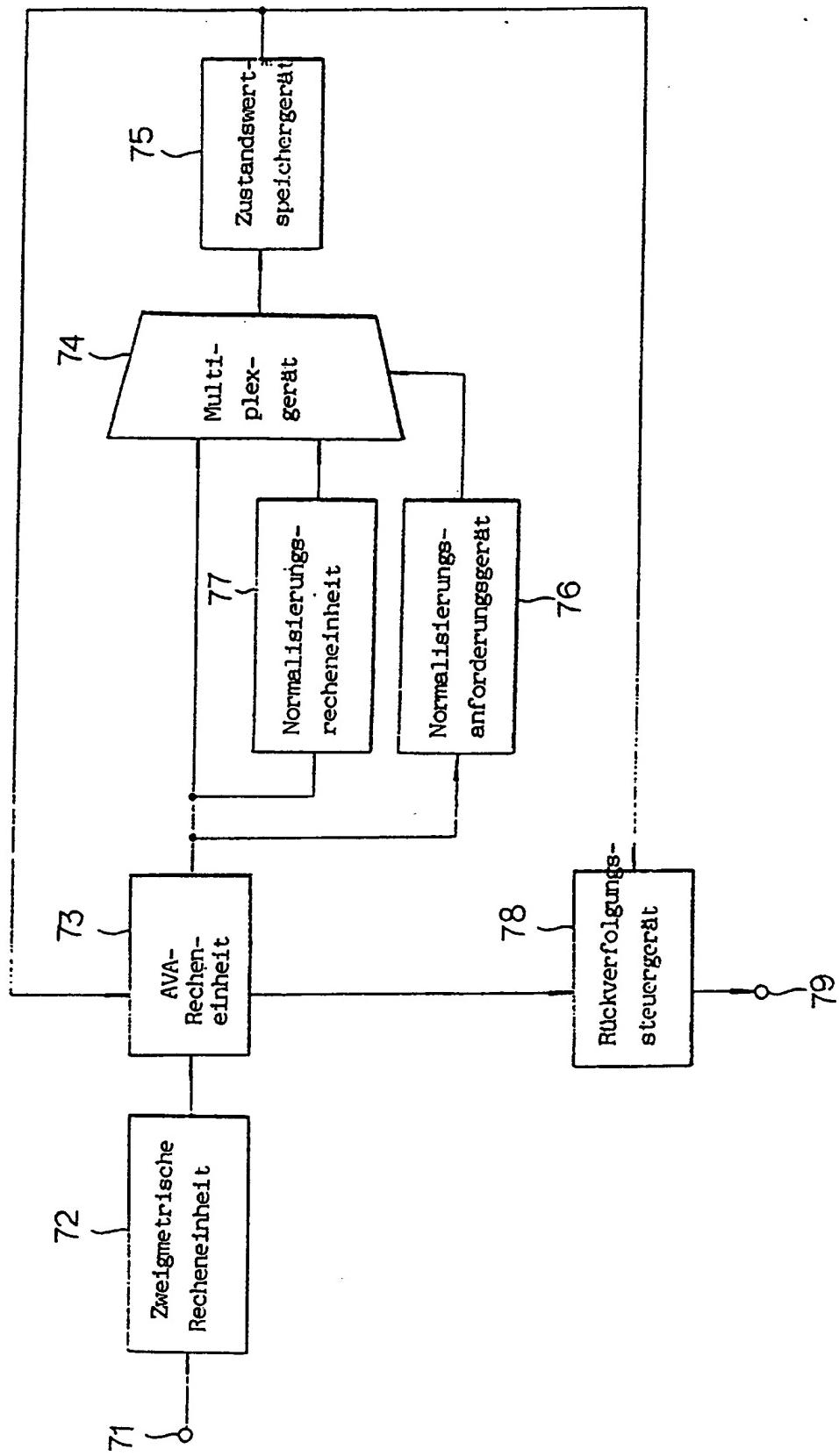


FIG 8

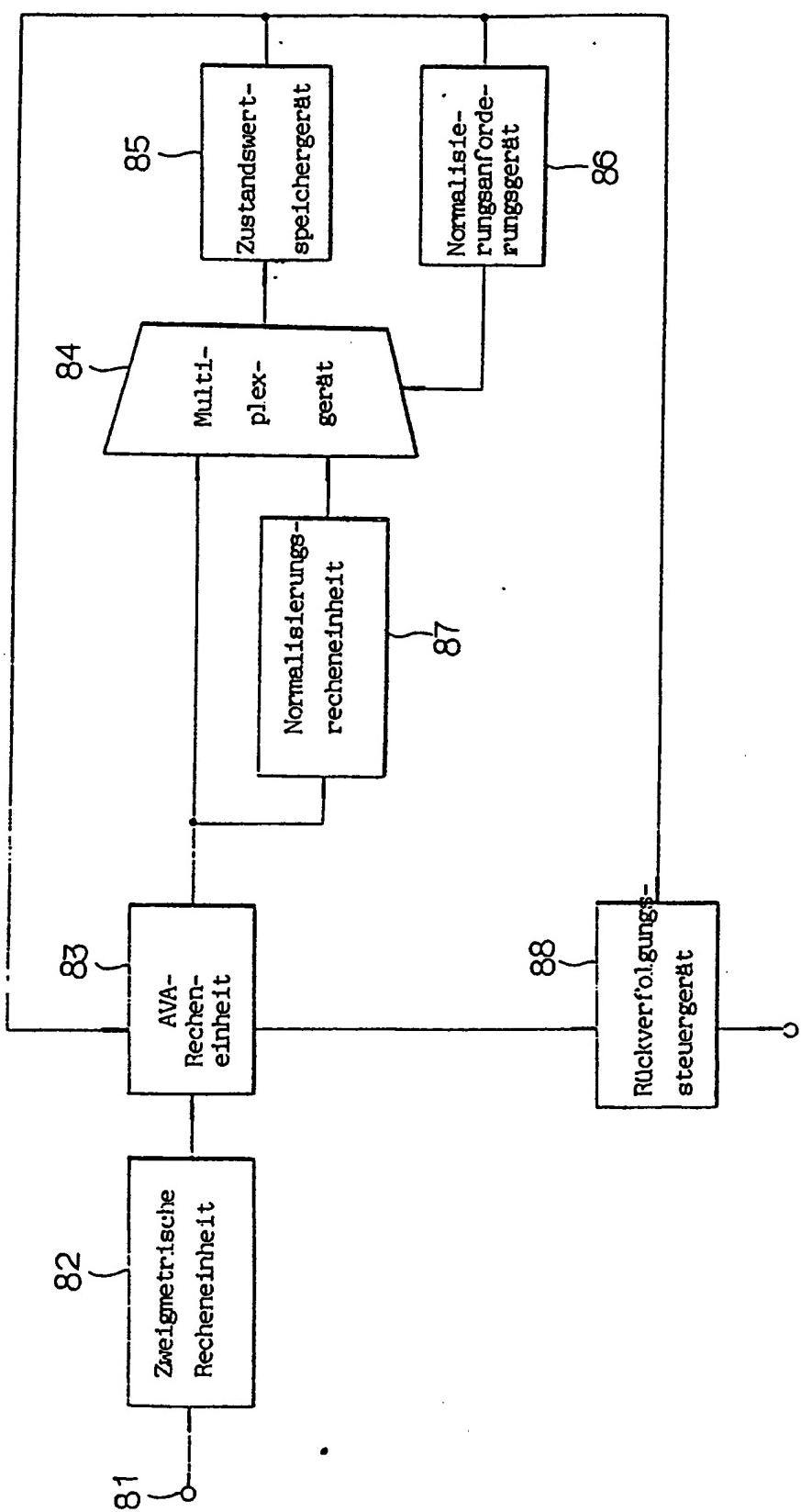


FIG 9

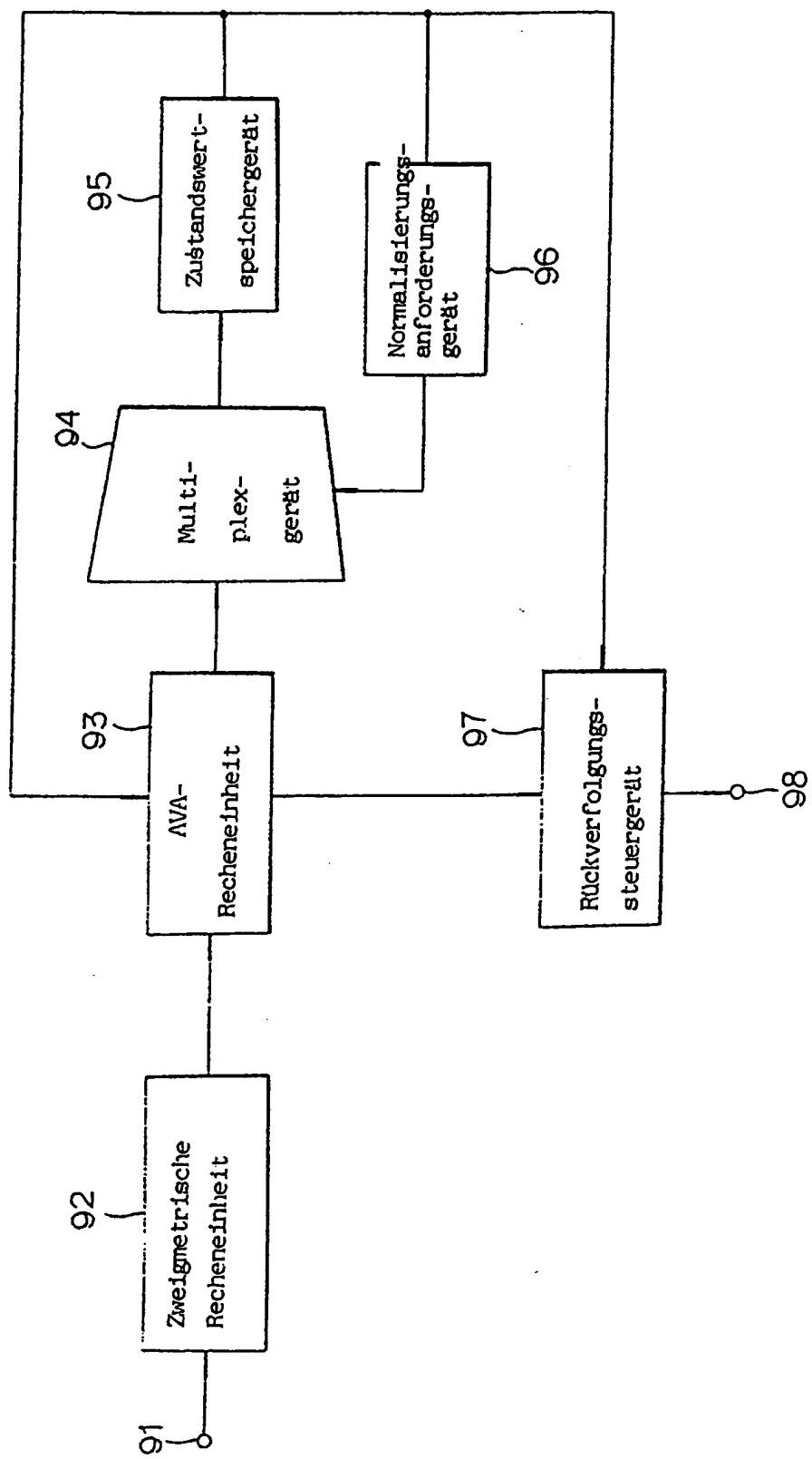


FIG 10

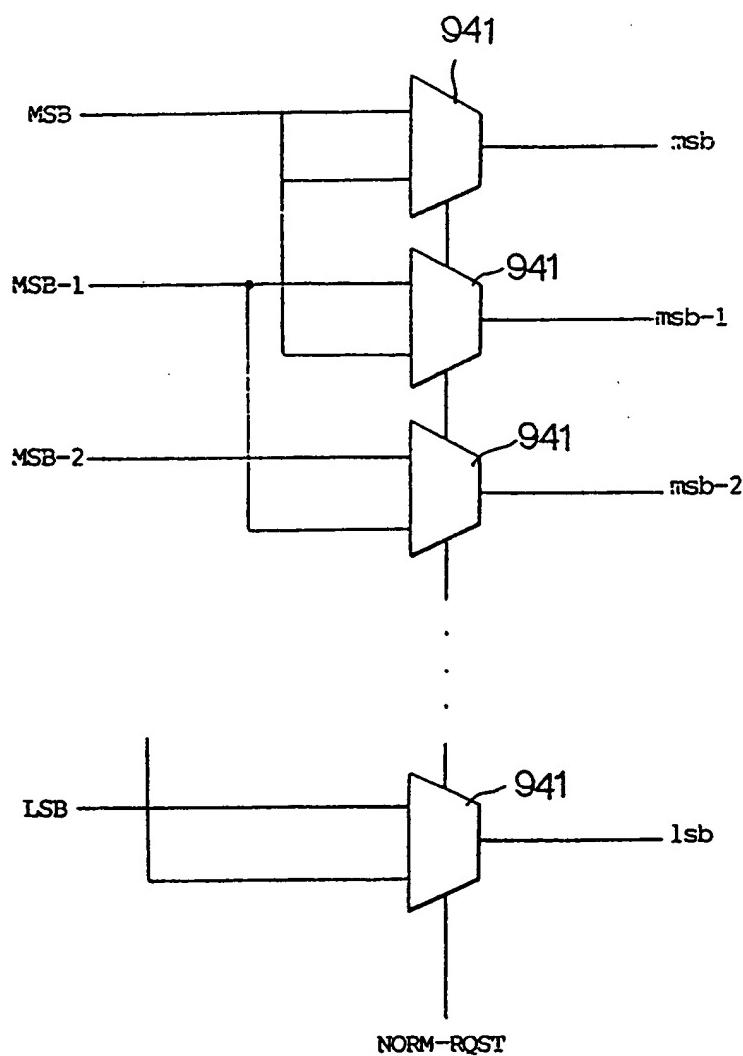


FIG 11

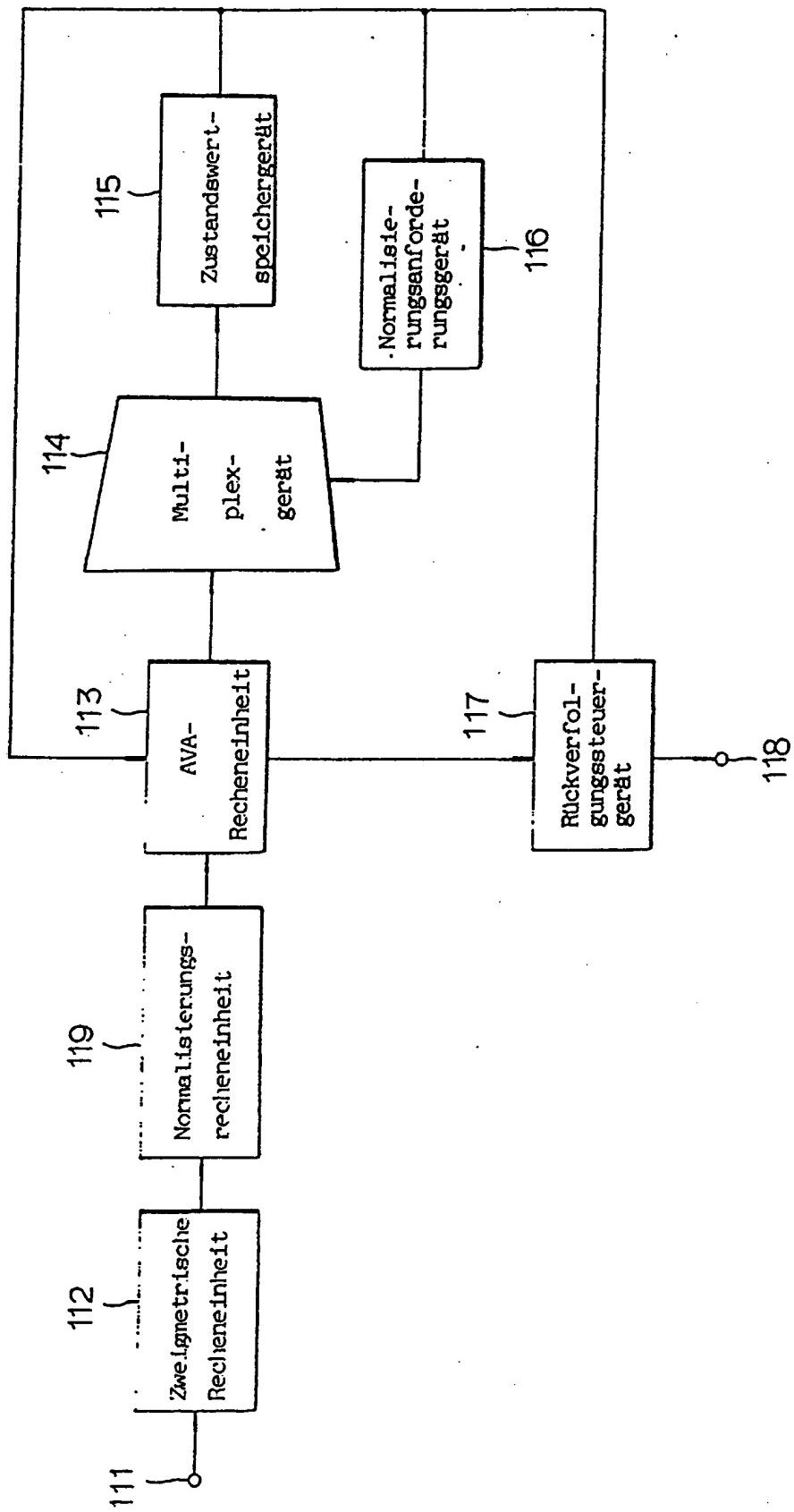


FIG 12

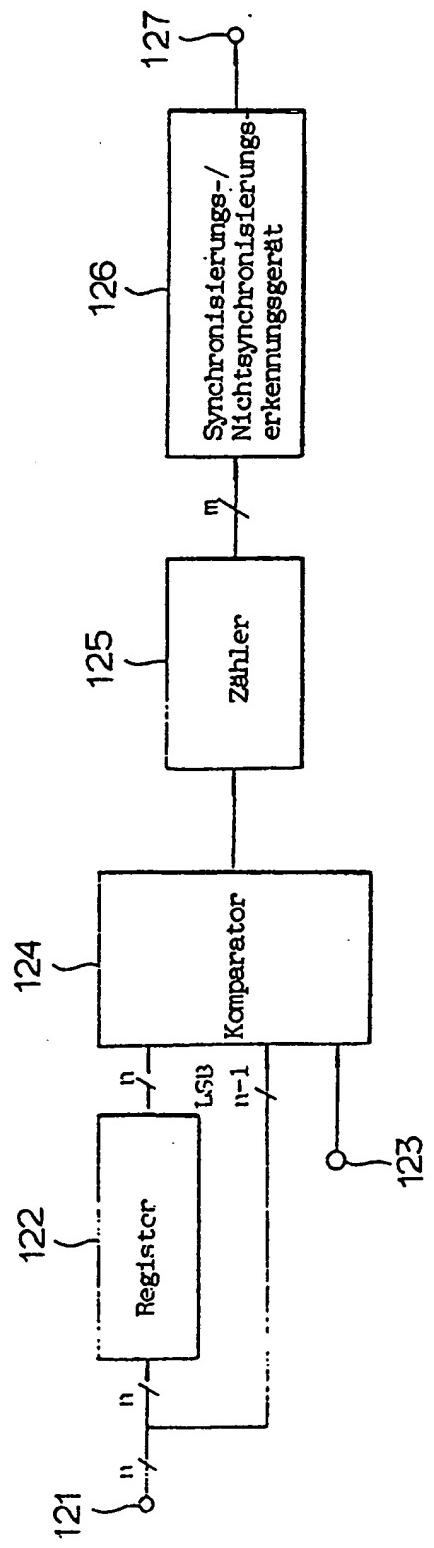


FIG 13

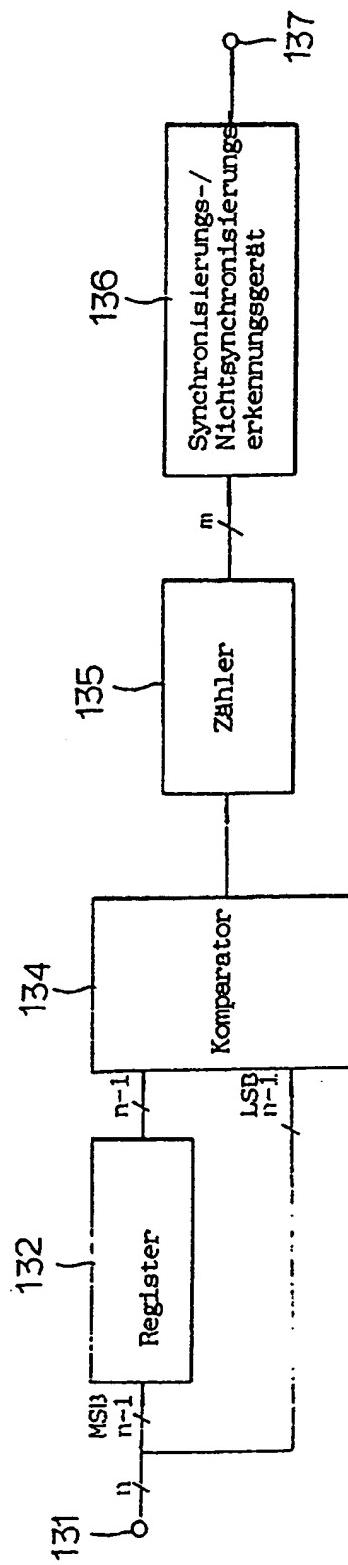


FIG 14

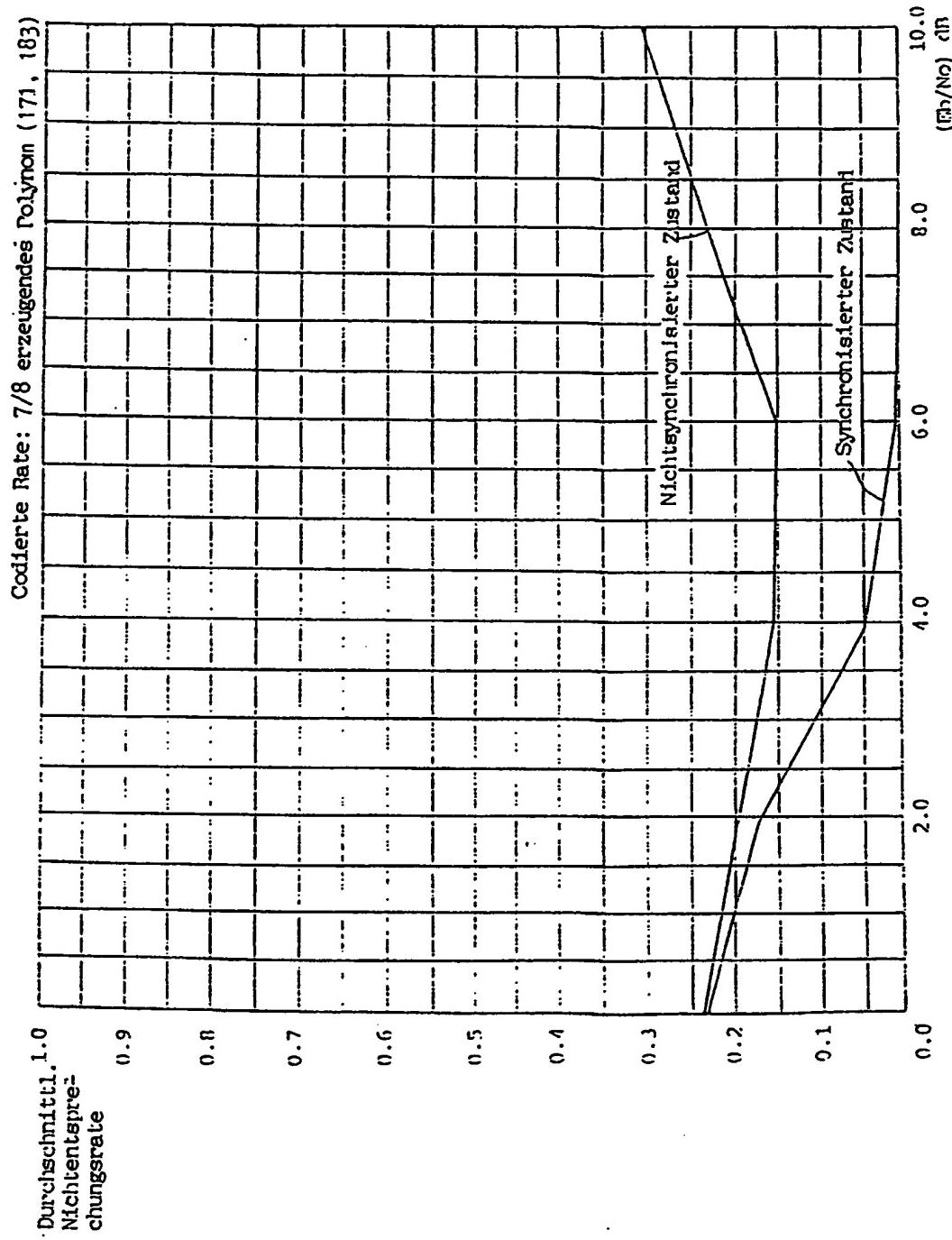


FIG 15

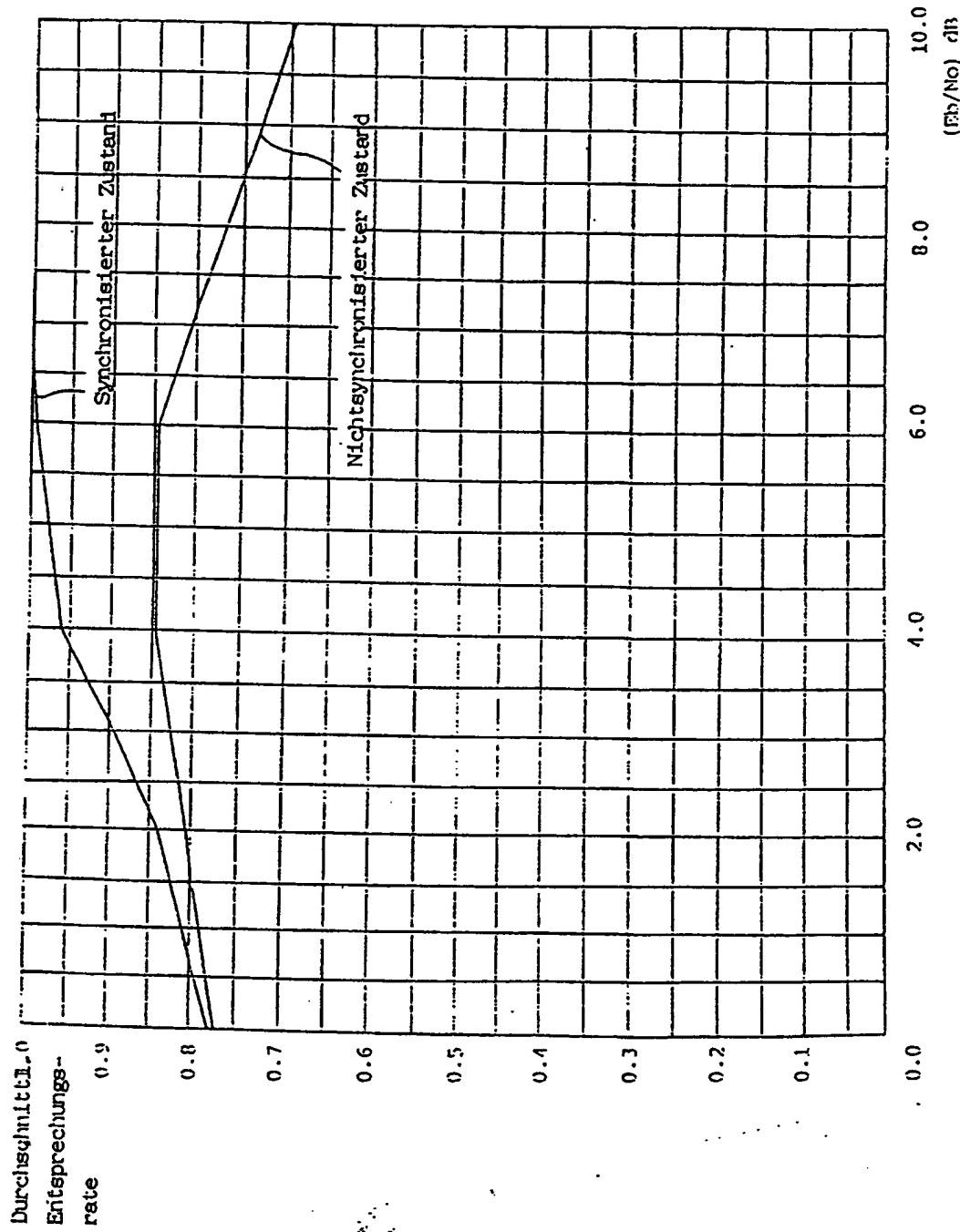


FIG 16

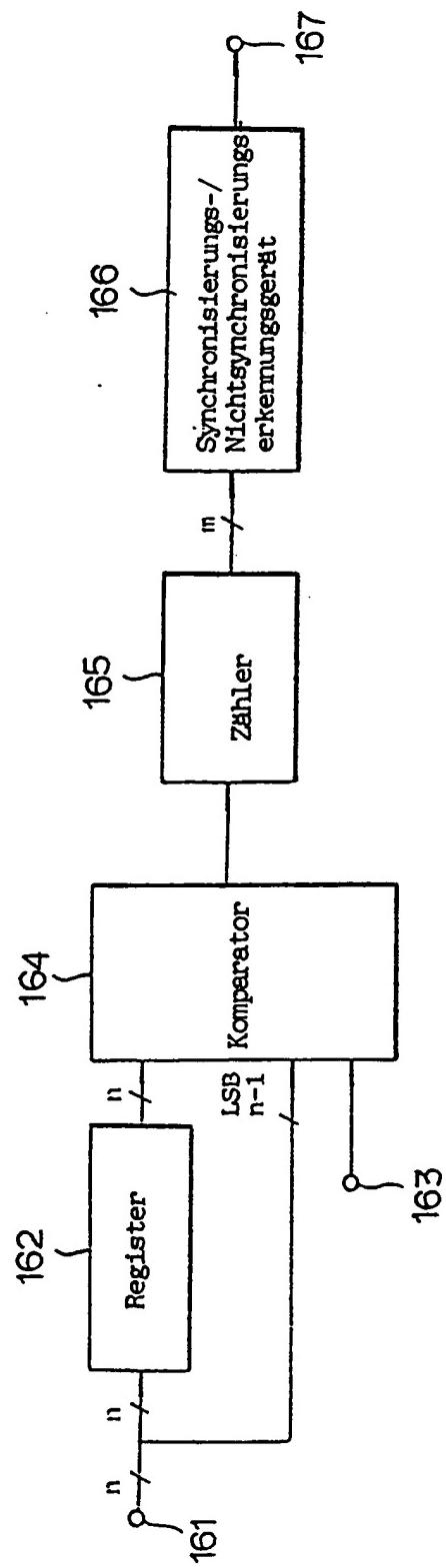
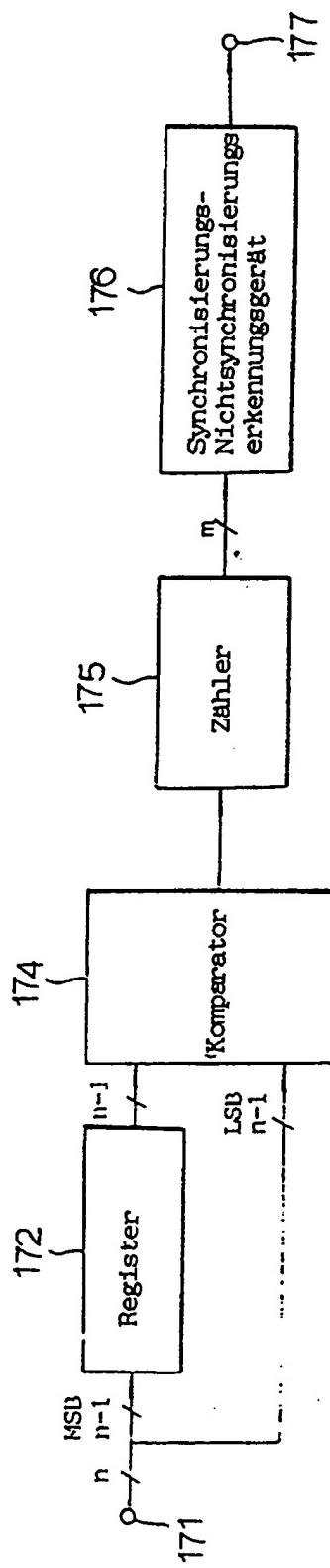


FIG 17



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**